

**MATHEMATICAL ANALYSIS OF BIBLIOMETRICAL  
INDICES OF NEUROPHYSIOLOGICAL INVESTIGATIONS  
OF ACTION OF MAGNETIC FIELDS  
(MEDLINE-INTERNET)**

*Bibliometrical data on investigations carried out in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of magnetic fields are presented. Quantitative characteristics of publications of choose subdivisions during 35-year time interval (1966-2000) be considered. Dynamics of number of papers of these trends is analyzed. Conclusion about prospects of investigations of effects of non-ionizing radiation in neurophysiological objects is done.*

*Keywords. Neurophysiological, bibliometrical, microwave radiation.*

**Introduction**

Influence of electromagnetic environment interested humanity for many centuries [11]. Towards the seventies years of XXth century more 3 thousand publications on biological effects of electromagnetic fields (EMF) and about 2 thousand publications on biological effects of magnetic fields (MF) were accumulated [11]. 20 years later the total number of publications concerned action of these factors of different kinds is believed to be 10 thousand [2, 12]. In 2000 their number reached 21606 [4, 10].

Now it was established, what leading role in reactions of organism on EMF belongs to the nervous system [1, 2]. Nevertheless before our investigations bibliometrical analysis of neurophysiological aspects of action of EMF was not realized. Series of our recent works were devoted to namely problem of quantitative characteristics of published material on neurophysiological effects of action of electromagnetic factors. Information accumulated in world on these data during 35-year period in the later half of the XX-th century (1966-2000) was considered. The state of this scientific trend was examined on the base of the database "Medline" accessible through Internet. Preliminary information on general results was presented in our recent papers [4, 10]. Then quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of EMF were considered in our previous paper [5] and analogous material on influence of microwaves in our another paper [6].

The present work is devoted to examination of quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of MF. Bibliometrical data were obtained according to chosen key words and concerned investigations performed in neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of MF.

### **Materials and methods**

Quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of microwave radiation in world during 35-year period in the later half of the XX-th century (1966-2000) were considered. Investigations were carried out on the base of the database "Medline" accessible through Internet. The numbers of publications on the present problem were determined on the base of corresponding key words. Bibliometrical data were obtained for works performed with application of MF in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves).

At statistical analysis of the material the comparisons of sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of MF, and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects are used. For calculations of statistical significance of distinctions between indicated data for selective portions of variants was applied.

### **Results**

In considered 35-yaer period the total number of published works carried out in different neurophysiological objects reached 1401300. The numbers of investigations performed in the brain, the cortex, neurons, nerves were 705259, 180602, 237160 and 278279 correspondingly. The number of works with application of MF was 5316. Materials concerned investigations in different neurophysiological objects under action of MF were considered for every year during 35-yaer period.

General characteristics of received totalities are presented in table 1. Sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of MF and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects are shown in table 2. Statistical comparison of indicated sampling fractions is reflected in table 3. Dynamics of the number of published works performed in different neurophysiological objects and dynamics of the considered sampling fractions are demonstrated in tables 4-7.

Table 1

General data on the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application of microwave radiation during 35-year period

| Objects | Characteristics of totalities      |                   |                                    |                    |
|---------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|
|         | Total number of papers in 35 years | Sampling variance | Average number of papers in 1 year | Standard deviation |
| 1       | 899                                | 234.22            | 25.69                              | 2.59               |
| 2       | 225                                | 22.66             | 6.43                               | 0.81               |
| 3       | 165                                | 17.09             | 4.71                               | 0.70               |
| 4       | 146                                | 11.26             | 4.17                               | 0.58               |
| 5       | 1435                               | 640.53            | 41.00                              | 4.28               |

*Application: 1 - the brain, 2 - the cortex, 3 - neurons, 4 - nerves, 5- sum.*

Table 1 shows that investigations made on the whole brain with employment of MF predominate. This phenomenon is the result of increased interest of specialists of applied sciences to investigations of effects of different physical factors in the whole brain [4, 10].

Table 2 demonstrates that sampling fraction from total data in corresponding neurophysiological objects with MF (1949) prevails in works carried out in the whole brain. Such result takes place at calculation of sampling fractions from total number of works with MF (5316). These facts conform to above-mentioned supposition.

Similar effect is among the total number of these works performed in different neurophysiological objects (in the brain - 705259, the cortex - 180602, neurons - 237160, nerves - 278279). Increased sampling fraction from all works in neurophysiological objects was observed in investigations on the cortex too (besides on the whole brain). However it is necessary to note, that relatively small part of the number of investigation on the cortex was in general totality of neurophysiological works, which can reflect in obtained information.

Table 2

Sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of MF from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

| Objects | Characteristics of totalities         |                                               |                                                        |
|---------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|         | Sampling fraction from these data (%) | Sampling fraction from total data with MF (%) | Sampling fraction from total data in these objects (%) |
| 1       | 48.49                                 | 17.78                                         | 0.13                                                   |
| 2       | 16.83                                 | 6.17                                          | 0.18                                                   |
| 3       | 7.80                                  | 2.86                                          | 0.06                                                   |
| 4       | 11.49                                 | 4.21                                          | 0.08                                                   |
| 5       | 100.00                                | 36.67                                         | 0.14                                                   |

*Application: as in table 1.*

Results performed in table 3 prove that distinctions between different sampling fractions are statically significant.

Table 3

Comparison of sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of MF and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

| Objects | Comparison of sampling fraction of totalities           |                                                                 |                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|         | Comparison of sampling fraction from these data ( $U$ ) | Comparison of sampling fraction from total data with MF ( $U$ ) | Comparison of sampling fractions from total data in these objects ( $U$ ) |
| 1 - 2   | <u>19.96</u>                                            | <u>18.97</u>                                                    | <u>4.93</u>                                                               |
| 1 - 3   | <u>28.00</u>                                            | <u>27.38</u>                                                    | <u>9.69</u>                                                               |
| 1 - 4   | <u>24.38</u>                                            | <u>23.56</u>                                                    | <u>6.70</u>                                                               |
| 2 - 3   | <u>8.04</u>                                             | <u>8.40</u>                                                     | <u>11.53</u>                                                              |
| 2 - 4   | <u>4.42</u>                                             | <u>4.59</u>                                                     | <u>9.27</u>                                                               |
| 3 - 4   | <u>3.62</u>                                             | <u>3.82</u>                                                     | <u>2.86</u>                                                               |

*Application: statistically significant distinctions between distributions are underlined ( $U > 1.96$  corresponds to  $p < 0.05$ ,  $U > 2.58$  corresponds to  $p < 0.01$ ); the other designations as in table 1.*

Really works carried out in the whole brain and in some cases in the cortex predominate as sampling fraction from total data in corresponding neurophysiological objects with MF.

Table 4

Dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application of MF during 35-year period

| Objects | Indices for different five-year periods |         |         |         |         |         |           |
|---------|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|         | 1966-70                                 | 1971-75 | 1976-80 | 1981-85 | 1986-90 | 1991-95 | 1996-2000 |
| 1       | 5                                       | 11      | 26      | 80      | 182     | 252     | 389       |
| 2       | 3                                       | 2       | 9       | 19      | 52      | 94      | 149       |
| 3       | 2                                       | 4       | 3       | 12      | 29      | 44      | 58        |
| 4       | 0                                       | 5       | 12      | 14      | 49      | 66      | 78        |
| 5       | 10                                      | 22      | 50      | 125     | 312     | 456     | 674       |

*Application: as in table 1.*

Dynamics of the observed bibliometrical indices during 35-year period is presented in tables 4-7.

The marked increase of the numbers of published works carried out in different neurophysiological objects with application MF always developed during 35-year period (table 4).

Table 5

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects with application of MF during 35-year period from their total number

| Objects | Indices for different five-year periods |         |         |         |         |         |           |
|---------|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|         | 1966-70                                 | 1971-75 | 1976-80 | 1981-85 | 1986-90 | 1991-95 | 1996-2000 |
| 1       | 50.00                                   | 50.00   | 52.00   | 64.00   | 58.33   | 55.26   | 57.72     |
| 2       | 30.00                                   | 9.09    | 18.00   | 15.20   | 16.67   | 20.61   | 22.11     |
| 3       | 20.00                                   | 18.18   | 6.00    | 9.60    | 9.29    | 9.64    | 8.61      |
| 4       | 0                                       | 22.73   | 24.00   | 11.20   | 15.70   | 14.47   | 11.57     |
| 5       | 100                                     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100       |

*Application: as in table 1.*

Table 6

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from the total number of works with application of MF

| Objects | Indices for different five-years periods |         |         |         |         |         |           |
|---------|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|         | 1966-70                                  | 1971-75 | 1976-80 | 1981-85 | 1986-90 | 1991-95 | 1996-2000 |
| 1       | 8.93                                     | 8.03    | 8.97    | 15.03   | 19.80   | 18.74   | 19.36     |
| 2       | 5.36                                     | 1.46    | 3.10    | 3.58    | 5.48    | 6.99    | 7.42      |
| 3       | 3.57                                     | 2.92    | 1.03    | 2.26    | 3.06    | 3.27    | 2.89      |
| 4       | 0                                        | 3.65    | 4.14    | 2.24    | 5.16    | 4.91    | 3.88      |
| 5       | 17.86                                    | 16.06   | 16.21   | 23.11   | 33.50   | 33.91   | 33.55     |

*Application: as in table 1.*

Table 7

Dynamics of the sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of MF during 35-year period from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

| Objects | Indices for different five-year periods |         |         |         |         |         |           |
|---------|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|         | 1966-70                                 | 1971-75 | 1976-80 | 1981-85 | 1986-90 | 1991-95 | 1996-2000 |
| 1       | 0.01                                    | 0.02    | 0.03    | 0.08    | 0.15    | 0.18    | 0.25      |
| 2       | 0.02                                    | 0.01    | 0.04    | 0.08    | 0.18    | 0.27    | 0.37      |
| 3       | 0.03                                    | 0.03    | 0.01    | 0.04    | 0.07    | 0.08    | 0.09      |
| 4       | 0                                       | 0.02    | 0.04    | 0.04    | 0.10    | 0.11    | 0.12      |
| 5       | 0.01                                    | 0.02    | 0.03    | 0.07    | 0.13    | 0.15    | 0.21      |

*Application: as in table 1.*

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from their total number was complex and unequal (table 5). Kinds of dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from the total number of works with application of MF were unequal too (table 6). The rise of the sampling fractions of works on neuronal level was absent in both situations (tables 5 and 6). However dynamics of all sampling fractions (%) of published neurophysiological works with

application of MF from the total number of works on these objects had similar increase (table 7).

### Conclusion

The present bibliometrical investigations makes it possible to analyse quantitative characteristics of published works performed with application of MF in different neurophysiological objects during 35-year period of later half of XX-th century. The whole brain, the cortex, neurons and nerves were selected for examination on this trend. The total number of publications was considered for every year during period 1966-2000. Dynamics of the number of published works was studied.

It was established the following main events.

First, the predominance of investigations of effects of MF on the whole brain existed. Such investigations are suitable for specialists of applied sciences. Works on neuronal level have the slight number.

Secondly, significant increase of the number investigations with application of MF during 35-year period and moreover the sampling fractions (%) of published neurophysiological works from the total number of works performed with this factor and those carried out in corresponding neurophysiological objects were observed.

Thirdly, obtained information on published works with MF differed from such things with microwaves considered in our previous paper [6]. The number of works with MF had steady increase during 35-year period. The number of works with microwaves had the greatest values in middle of analysed time period, which is conditioned by their extensive employment in this part of period [11].

Though now fundamental investigations of neurophysiological effects of electromagnetic radiation are played no enough attention to, undoubtedly, in the future they will hold a leading position in solution of the problem of biological action of these factors [1, 3, 7, 9].

### REFERENCES

1. Chizhenkova R.A. Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves // Bioelectromagnetobiology. - 1988. - V. 9. - № 3. - P. 337-345.
2. Chizhenkova R.A. Neuronal activity under microwave exposure // Electromagnetic fields: biological effects and hygienic standardization / Eds.: M.H. Repacholi, N.B. Rubtsova, and A.M. Muc. - Geneva, 1999. - P. 389-395.

3. Chizhenkova R.A. Pulse flows of populations of cortical neurons under microwave exposure of different intensity // Bioelectrochemistry. - 2004, - V. 63. - № 1-2. - P. 343-346.
4. Chizhenkova R.A. Bibliometrical review of neurophysiological investigation of action of non-ionized radiation in second half of the XXth century // Biophysics. - 2005. - V. 50. - Supplement. - № 1. - P. 163-172.
5. Chizhenkova R.A. Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of electromagnetic fields (Medline-Internet) // Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence. (ISDMCI'2008). - Evpatoria. - 2008. - V. 2. - P. 107-109.
6. Chizhenkova R.A. Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of microwave radiation (Medline-Internet) // Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence. (ISDMCI'2009). - Evpatoria. - 2009. - V. 1. - P. 7-8.
7. Chizhenkova R.A. Pulse flows of populations of cortical neurons under microwave exposure: the number of burst activity // Radiational biology. Radioecology. - 2010. - V. 50. - № 2. - P. 201-210 (in Russian).
8. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Effect of low-intensity microwaves on the behavior of cortical neurons // Bioelectrochemistry and Bioenergetics. - 1993. - V. 30. - № 1. - P. 287-391.
9. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Electrical reactions of the brain to microwave irradiation // Electro- and Magnetobiology. - 1996. - V. 15. - № 3. - P. 253-258.
10. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A., Slashcheva N.A., Chernukhin V.Yu. Bibliometrical analysis of neurophysiological aspects of action of non-ionized radiation // Uspekhi sovremennoy biologii. - 2004. - V. 124. - № 5. - P. 472-479 (in Russian).
11. Kholodov Yu.A. Reactions of nervous system on electromagnetic fields - Moscow: Nauka, 1975. - 207 p. (in Russian).
12. Merkulova L.M., Kholodov Yu.A. Reactions of excitable tissues of organism on pulsed magnetic fields - Cheboksary: Universitet, 1996. - 174 p. (in Russian).

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ УЧЕТНЫХ СИСТЕМ

*В работе описана концепция построения динамической структуры учетных информационных систем, использование которой позволяет повысить показатели их гарантоспособности. Концепция заключается в хранении программного кода основных алгоритмов обработки данных в составе информационной базы системы*

*Ключевые слова: учетная информационная система, гарантоспособность, динамическая структура.*

Учетные информационные системы (УИС) получили в настоящее время повсеместное распространение. Этому способствуют, с одной стороны, большое количество предприятий в Украине, а с другой - законодательно закреплённая необходимость ведения каждым предприятием бухгалтерского и налогового учета.

Одним из основных требований, которое предъявляется к УИС есть необходимость постоянного поддержания уровня ее гарантоспособности. Под гарантоспособностью понимается свойство системы оказывать предусмотренные услуги, которым можно оправдано доверять. Гарантоспособность включает такие качества системы, как безотказность, готовность и обслуживаемость в период эксплуатации [1]. Качество безотказности характеризуется вероятностью безотказной работы, готовность – вероятностью застать УИС в работоспособном состоянии в данный момент времени, а обслуживаемость – временем, которое требуется для выполнения изменений в системе при изменении законодательства [2]. Последнее качество для УИС является определяющим, так как постоянное внесение изменений в законодательную базу или в предметную область (ПрО) обуславливает необходимость постоянных изменений учетных систем во время их эксплуатации. Алгоритмы работы УИС, зависящие от законодательства будем называть критическими алгоритмами. Необходимость изменения критических алгоритмов снижает гарантоспособность системы, приводит к повышению расходов общественно-необходимого времени на сопровождение УИС, угрожает большими финансовыми потерями и приостановкой производственных процессов одновременно на большом количестве предприятий. Приведенные положения позволяют

отнести учетные информационные системы к классу критических систем.

Адаптирование УИС к изменениям ПрО во время сопровождения осуществляется сегодня путем передачи пользователям обновленных критических алгоритмов в виде файлов, которые имеющих объем порядка 10 – 15 мегабайт. При этом возникает чисто техническая проблема, связанная с тем, что необходимость одновременной передачи большого объема информации большому количеству пользователей входит в конфликт с ограниченной пропускной способностью каналов связи [3]. Это делает невозможным своевременное получение пользователями УИС требуемых обновлений. Для решения проблемы адаптируемости требуется значительное (на несколько порядков) сокращение объема необходимой для обновлений информации.

Большие объемы передаваемых файлов обусловлены тем, что основные алгоритмы УИС, которые обеспечивают функциональность и жестко связаны с действующим законодательством (ПрО), хранятся в системе в виде откомпилированных исполняемых кодов (одной динамической библиотеки или одного исполняемого файла). Поэтому в рамках существующих управляющих структур УИС решение этой проблемы не представляется возможным.

Существующие традиционные подходы к построению управляющих структур УИС являются статичными, то есть не позволяют осуществлять замену отдельных критических алгоритмов и не удовлетворяют требованиям обеспечения гарантоспособности систем. Такая статичная структура построения существующих УИС представлена на рис. 1.

Все существующие УИС построены таким образом, что основные алгоритмы в них реализованы традиционным путем – как составная часть общего скомпилированного программного кода системы. В базе данных содержатся только поля, в которых хранятся числовые значения параметров этих алгоритмов, что позволяет выполнить только частичную их настройку на изменение ПрО. В случае таких изменений каждый отдельный критический алгоритм не подлежит замене у пользователя – заменить можно только весь программный блок, в состав которого входит этот алгоритм. В силу этого такие традиционные структуры можно считать статичными.

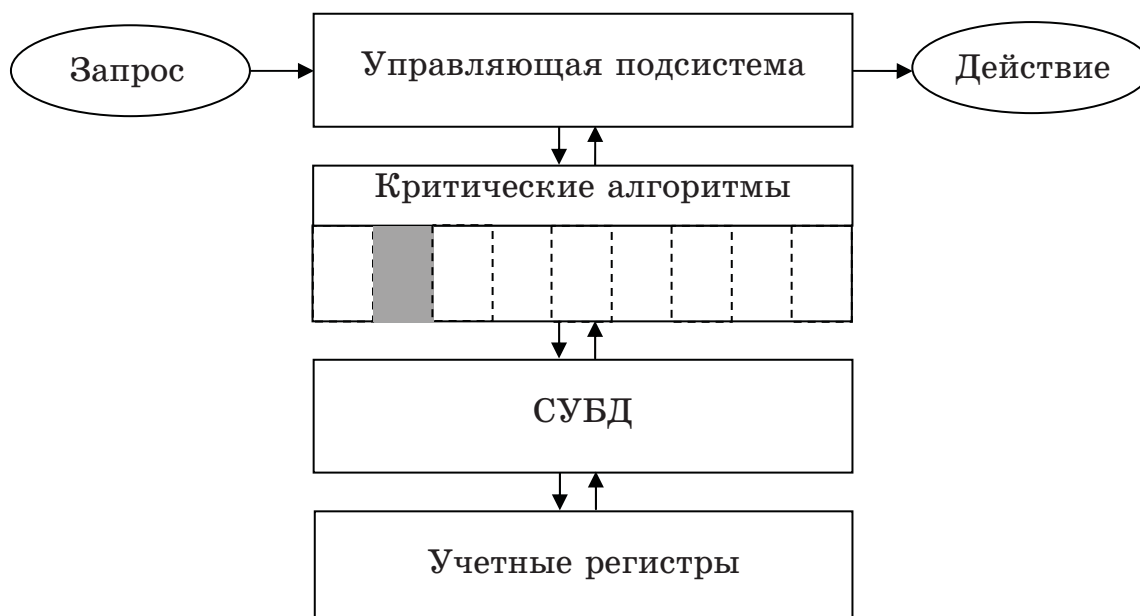


Рисунок 1 - Традиционная статическая структура построения ОИС

Построение УИС на базе традиционной статичной структуры имеет два существенных недостатка. Во-первых, как уже было отмечено, статичная структура ухудшает показатель обслуживаемости. Во-вторых, ухудшаются, также, показатели безотказности и готовности за счет больших потерь времени и низкой надежности при передаче пользователю файлов большого. Как следствие этого, снижается и гарантоспособность УИС.

Решение проблемы повышения гарантоспособности возможно за счет предложенного в работе нового подхода к построению динамической структуры УИС. Такая динамическая структура УИС представлена на рис. 2.

Эта структура позволяет динамически изменять любые отдельные критические алгоритмы, не изменяя при этом скомпилированный программный код системы. Основной особенностью предложенной структуры является хранение критических алгоритмов не в общем программном коде, а в информационной базе системы в виде не транслированного или частично транслированного кода (так называемого «р-кода»). Такой код занимает гораздо меньше места, чем соответствующий ему оттранслированный двоичный код. Это решает проблему его быстрой передачи к большому количеству пользователей и значительно уменьшает время простоев системы при ее адаптации. Благодаря этому улучшается показатель обслуживаемости системы и как следствие – ее гарантоспособность.

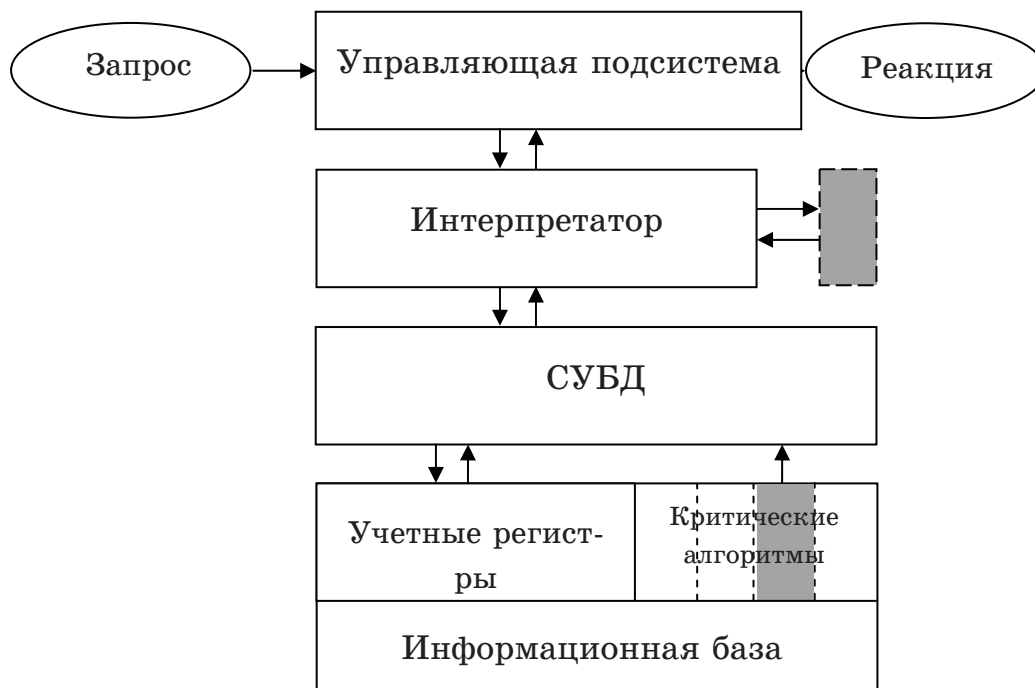


Рисунок 2 - Динамическая структура построения гарантоспособных УИС

Работа УИС с динамической структурой происходит следующим образом. Система получает запрос пользователя на выполнение действия, которое требует работы критического алгоритма. Этот запрос анализируется управляющей подсистемой, которая определяет, какой именно критический алгоритм должен быть использован для обработки этого запроса. Управляющая подсистема выдает соответствующую информацию в СУБД, которая находит в информационной базе нужный программный код и передает его на выполнение интерпретирующей подсистеме. Интерпретатор выполняет этот программный код. Как результат его выполнения может изменяться состояние учетных регистров системы (ее информационная база) или формируются отчеты для пользователя.

Использование предложенного подхода и построение динамической структуры УИС имеет такие преимущества:

1. Программный код критических алгоритмов хранится в информационной базе системы. При изменении условий ПрО замена критического алгоритма сводится к простому изменению текстовых полей информационной базы. Такие изменения легко могут быть реализованы в автоматическом режиме. Основной программный код УИС при этом остается неизменным.

2. За счет того, что в информационный базе хранятся неоттранслированные коды алгоритмов, их размер представляет несколько де-

сятков килобайт, что делает возможной его передачу к большому количеству пользователей в небольшой промежуток времени и не требует значительного трафика во время передачи данных от разработчика к пользователям. Это приводит к сокращению времени на обслуживание системы и повышает ее гарантоспособность.

Недостатком предложенного подхода может считаться необходимость применения интерпретатора и связанное с этим возможное снижение быстродействия системы. Однако проведенные исследования показали, что такое снижение быстродействия не является существенным.

По данным литературных источников можно сделать вывод о том, что современные интерпретирующие системы, такие как C# и Java по основным показателям быстродействия несущественно уступают компиляторам (Visual C, Intel C). По опубликованным данным тестирования (таблица 1), средние показатели быстродействия указанных интерпретаторов лишь на 25% уступают соответствующим компилирующим системам, а для такого широко используемого компилятора, как Borland Delphi эти показатели вообще на 7% меньше, чем у интерпретаторов [4].

Принимая во внимание то, что быстродействие не является решающим показателем учетных систем, такое его уменьшение можно считать полностью приемлемым. А с учетом того, что наиболее распространенная на сегодня платформа для создания учетных систем – 1С:Предприятие – построена как интерпретирующая, то для нее сравнение быстродействий систем, построенных на основе старой и новой структур управления вообще не имеет смысла.

Описанная динамическая структура управления реализована в созданной под руководством авторов УИС «АгроКомплекс», предназначенной для автоматизации всех видов учета на предприятиях сельского хозяйства. Опыт внедрения этой УИС на десяти сельскохозяйственных предприятиях Украины и практика трехлетней эксплуатации показала эффективность предложенного подхода.

## Сравнение быстродействия компиляторов и интерпретаторов

| Язык программирования | Тесты и время их выполнения в секундах |                           |                       |               |                   |              |                              |                             | Среднее значение |
|-----------------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|------------------|
|                       | Вызов метода класса                    | Вызов вирт. метода класса | Доступ к члену класса | Быстрая сорт. | Пузырьковая сорт. | Tree sort    | Обработка данных типа string | Обработка данных типа float |                  |
| <b>Компиляторы</b>    | <b>6.20</b>                            | <b>6.67</b>               | <b>4.81</b>           | <b>10.50</b>  | <b>7.39</b>       | <b>11.85</b> | <b>6.81</b>                  | <b>8.26</b>                 | <b>7.81</b>      |
| Visual C 6.0          | 5.78                                   | 6.49                      | 5.06                  | 8.7           | 5.02              | 11.85        | 6.08                         | 12.26                       | 7.65             |
| Intel C++             | 6.32                                   | 6.50                      | 5.04                  | 9.20          | 4.85              | 12.31        | 3.39                         | 0.29                        | 5.98             |
| Borland Delphi        | 6.50                                   | 7.01                      | 4.34                  | 13.59         | 12.31             | 11.40        | 10.97                        | 12.24                       | 9.80             |
| <b>Интерпретаторы</b> | <b>3.18</b>                            | <b>10.85</b>              | <b>4.19</b>           | <b>11.00</b>  | <b>7.83</b>       | <b>19.90</b> | <b>3.43</b>                  | <b>12.61</b>                | <b>9.12</b>      |
| C#                    | 2.16                                   | 7.22                      | 3.54                  | 9.50          | 5.29              | 23.60        | 3.38                         | 12.24                       | 8.38             |
| Java                  | 4.20                                   | 14.48                     | 4.85                  | 12.50         | 10.37             | 16.20        | 3.48                         | 12.98                       | 8.88             |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харченко В.С. Гарантоспособность и гарантоспособные системы: элементы методологии //Радіоелектронні і комп'ютерні системи.– 2006.– Вип.5(17). – С.7-19.
2. Склад В.В. Оценка качества и экспертиза программного обеспечения. Лекционный материал. / В.В. Склад; под ред. Харченко В.С.– Министерство образования и науки Украины, Национальный аэрокосмический университет им. Жуковского Н.Е. «ХАИ», 2008, – 204с.
3. Урывский Л.А. Зависимость пропускной способности дискретного канала связи от его энергетического потенциала при использовании многопозиционных сигналов. / Л.А. Урывский, Е.А. Прокопенко // Науково-виробничий збірник «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку». №1(9), 2009, С. 41 - 50
4. Чистяков В. Современные средства разработки: сравнение производительности. / В. Чистяков. // Технология «Клиент-сервер», № 3, 2001, С. 18-48
5. Маєвський Д.А. Інформаційна система «Аг-роКомплекс» для бухгалтерського та оперативного обліку у сільському господарстві / Д.А. Маєвський, Т.Я. Тінтулова, В.М. Антощук. // Сб. Аграрний вісник причорномор'я. Технічні науки. 2009, - Вип. 48, С. 151 – 156

С.А. Бабичев, Н.И. Бабенко, А.А. Дидык, В.И. Литвиненко,  
А.А. Фефелов, С.В. Шкурдода

## **ФИЛЬТРАЦИЯ ХРОМАТОГРАМ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ – АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЯ ЭНТРОПИИ**

*В статье представлены теоретические разработки по использованию вейвлет-анализа для выделения шумовой составляющей хромато-масс-спектрометрического сигнала на этапе его предварительной обработки. Разработана методика, позволяющая оптимизировать задачу выбора параметров вейвлет-преобразования при построении цифровых фильтров очистки сигналов от шума. В качестве основных критериев оценки уровня шумовой составляющей при выборе структуры вейвлет-разложения предложено использовать критерии энтропии: “log energy” и “shannon”. Результаты, полученные в процессе проведения исследований, позволяют повысить разрешающую способность приборов при решении задач классификации и кластеризации объектов за счет уменьшения разброса параметров, характеризующих заданный объект.*

*Ключевые слова:* вейвлет-анализ, хромато-масс-спектр, фильтрация, критерий энтропии.

### **1. Введение**

В настоящее время вопросам обработки сигналов различной природы посвящено множество теоретических и практических исследований в различных областях науки и техники [1-4]. Современное состояние теории обработки нестационарных сигналов характеризуется дальнейшим развитием и совершенствованием статистических методов, а также бурным проникновением в неё новых физических идей и широким использованием классических и нестандартных разделов математики [5,6]. В последнее десятилетие для обработки нестационарных сигналов начали применять новый математический инструмент – вейвлет-преобразование [7-12]. Как показала практика, традиционный аппарат представления произвольных функций и сигналов в виде рядов Фурье оказывается малоэффективным для функций и сигналов с локальными особенностями. Это связано с тем, что базисная функция рядов Фурье – синусоида определена от  $-\infty$  до  $+\infty$  и по своей природе является гладкой и строго периодической функцией. Такая функция на практике в условиях ограничения числа членов ряда или спектра разложения принципиально не способна описывать произвольные сигналы и функ-

© Бабичев С.А., Бабенко Н.И., Дидык А.А.,  
Литвиненко В.И., Фефелов А.А., Шкурдода С.В., 2010

ции.

По сравнению с Фурье-анализом, вейвлет-анализ сложных нестационарных сигналов обладает рядом неоспоримых преимуществ. Разнообразие набора типа функций, представляющих вейвлеты, существенно расширяет круг решаемых с их помощью задач. Вейвлет-анализ имеет большие возможности сжатия и фильтрации данных [13,14]. Помимо возможностей сжатия и фильтрации данных, анализ в базисе вейвлет-функций [15, 16] позволяет решать задачи идентификации, моделирования, аппроксимации стационарных и нестационарных процессов, исследовать вопросы наличия разрывов в производных, осуществлять поиск точек склеивания данных, отыскивать признаки фрактальности информации.

Масс хроматограмма представляет собой один из методов анализа веществ представленных как масс-спектрометрические данные в виде хроматограмм, где ось  $X$  представляет время, а ось  $Y$  представляет интенсивность сигнала. Набор данных содержит информацию о массах, однако это не графическое представление, а визуализация изменения интенсивности сигнала в течение времени. Наиболее распространенное использование этого представления данных являются случаи, когда масс-спектрометрия используется сочетается с той или иной формой хроматографии, такими, как жидкосная спектрометрия хромато-масс-спектрометрия или газовая масс-хроматография. В этом случае, ось  $X$  представляет время удерживания, аналогично как в любой другой хроматограмме. Ось  $Y$  представляет собой интенсивность сигнала или относительной интенсивности сигнала. Существует множество различных метрик для представления этой интенсивности, все зависит от того, какая конкретно информация исследуется каждым масс-спектре

Вопросам предобработки масс-спектрометрического анализа с использованием вейвлетов посвящены работы [17,18,19]. Авторы проводят исследования по анализу сигналов различной природы с использованием вейвлет-функций. Применение вейвлет анализа к масс-спектрометрическому анализу позволяет существенно повысить точность определения состава вещества и находящихся в нём примесей. Сложность обработки масс-спектрометрического сигнала заключается в том, что ряд параметров масс-спектра отличается от параметров сигнала

лов изучаемых в других областях их обработки. К таким областям относятся: аппаратные функции, которыми описываются формы пиков, возникающих в масс-спектрах, а также параметры шумов, присутствующие в масс-спектрометрических сигналах, которые обусловлены не только шумами, возникающими в электронных трактах, но и шумами, связанными с физическими процессами, происходящими в масс-спектрах.

Однако анализ литературных источников в данной предметной области позволяет сделать вывод, что задача определения оптимального уровня вейвлет-декомпозиции сигнала с учетом выбора типа вейвлета и значения порогового коэффициента обработки детализирующих коэффициентов, решение которой основано на количественных критериях, в настоящее время однозначного решения не имеет.

## **II. Постановка задачи и методы**

Целью работы является разработка оптимальной системы фильтрации хромато-масс-спектрометрического сигнала, основанная на использовании вейвлет-функций и критерия энтропии. Исследования включают в себя:

- Определение оптимального уровня вейвлет-декомпозиции сигнала;
- Нахождение оптимального уровня порогового критерия обработки детализирующих коэффициентов;
- Выбор типа используемого вейвлета.

В качестве исследуемого сигнала использовалась хроматограмма вещества амфетамина, исходный вид которой представлен на Рис. 1. Анализ хроматограммы позволяет сделать вывод о достаточной зашумленности сигнала, что способствует увеличению погрешности классификации состава исследуемого вещества.

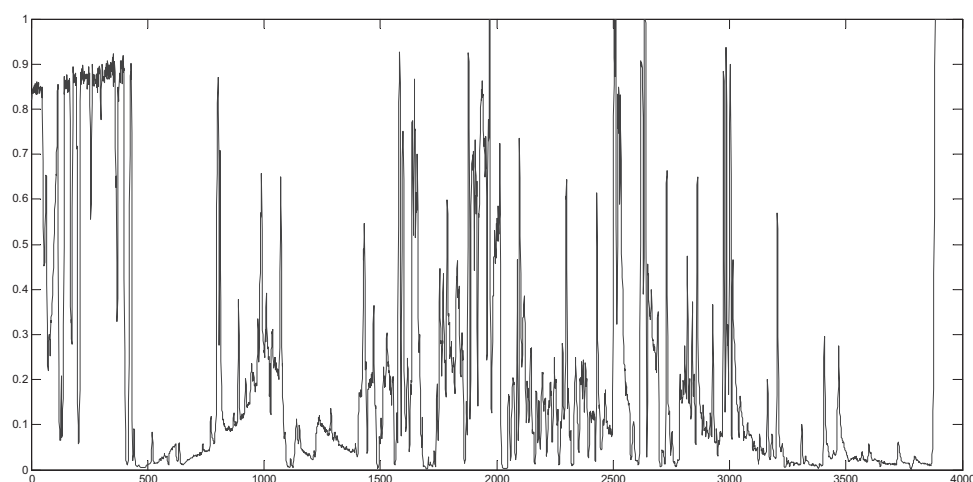


Рисунок 1 – Хроматограмма исследуемого сигнала

### III. Вейвлет-предобработка сигнала

Реальный сигнал, излучаемый объектами различной природы, можно представить следующей формулой:

$$s(t) = f(t) + \delta e(t) \quad (1)$$

где  $s(t)$  – исследуемый сигнал,  $f(t)$  – полезный сигнал,  $e(t)$  – шумовая составляющая сигнала,  $\delta$  – коэффициент, определяющий уровень шумовой составляющей исследуемого сигнала.

Для описания функции  $s(t)$  рассмотрим пространство  $L^2(R)$  базисных функций  $\psi(t)$ , определённых на всей действительной оси и обладающих следующими свойствами:

ограниченность, т.е. эти функции должны обладать конечной энергией:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty \quad (2)$$

локализация, т.е. они должны быть определены на конечном интервале как во временной, так и в частотной областях. Для этого достаточно, чтобы выполнялись при  $\varepsilon > 0$  условия:

$$|\psi(t)| \leq C \cdot (1 + |t|)^{-1-\varepsilon} \quad \text{и} \quad |\psi(\omega)| \leq C \cdot (1 + |\omega|)^{-1-\varepsilon}; \quad (3)$$

нулевое среднее, т.е. равенство нулю нулевого момента:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0. \quad (4)$$

Перечисленным выше условиям отвечает базис вейвлет-функций:

$$\psi(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi_0\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (5)$$

где параметр  $b$  задаёт положение вейвлета, а параметр  $a$  – его масштаб. При прямом непрерывном вейвлет-преобразовании сигнала  $s(t)$  параметры  $a$  и  $b$  могут принимать любые значения в пределах области их определения. Вейвлет-коэффициенты при этом вычисляются по формуле:

$$C(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) a^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt. \quad (6)$$

Основной недостаток непрерывного вейвлет-преобразования – низкая скорость обработки информации по причине высоких вычислительных затрат на её проведение. Этому недостатка лишено дискретное вейвлет-преобразование, в котором коэффициенты  $a$  и  $b$  принимают определённые дискретные значения на некотором множестве:

$$a = 2^j \quad \text{и} \quad b = k2^j, \quad (7)$$

где  $j$  и  $k$  – целые числа, параметр  $j$  является параметром масштаба, а  $k$  – уровень вейвлет-декомпозиции сигнала. При дискретных значениях  $a$  и  $b$  вейвлет-функция приобретает вид:

$$\psi_{j,k}(t) = a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j}t - k), \quad (8)$$

а прямое дискретное вейвлет-преобразование сводится к вычислению детализирующих коэффициентов:

$$d_{j,k} = \int_{-\infty}^{+\infty} a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j}t - k) s(t) dt. \quad (9)$$

Обратное дискретное вейвлет-преобразование для непрерывных сигналов задаётся с помощью того же базиса, как и прямое:

$$s(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} d_{j,k} a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j}t - k), \quad (10)$$

где  $C_\psi$  – нормализующий коэффициент, определяемый по формуле:

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} |\hat{\psi}(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega < \infty, \quad (11)$$

а  $\hat{\psi}$  – фурье-образ вейвлет-функции  $\psi$ . Условие конечности константы  $C_\psi$  ограничивает класс используемых базисных вейвлет-функций, и при  $C_\psi = 1$  окончательная формула для реконструкции сигнала записывается в виде:

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} d_{j,k} a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j} t - k), \quad (12)$$

#### IV. Критерии оценки уровня зашумленности сигнала.

Для решения задачи оценки уровня шумовой компоненты хроматограммы использовался критерий энтропии. Энтропия – общая концепция оценки информативности во многих областях науки и техники [20, 21]. В области информатизации под энтропией можно понимать меру упорядочивания структурных элементов в системе. Нулевой энтропии соответствует отсутствие информации, в то время как высокой энтропии соответствует максимальное значение интересующей информации. При решении поставленной задачи под информацией понимается уровень шумовой составляющей исследуемого сигнала. В области оценки уровня шумовой составляющей сигнала наибольшее распространение получили следующие критерии энтропии:

Энтропия Шеннона:

$$E1(s) = -\sum_i s_i^2 \log(s_i^2), \quad (13)$$

при условии:  $0 \cdot \log(0) = 0$ .

Энтропия логарифм энергии:

$$E2(s) = \sum_i \log(s_i^2), \quad (14)$$

при условии:  $\log(0) = 0$ .

Норма пространства:

$$E3(s) = \sum_i |s_i|^p = \|s\|_p^p. \quad (15)$$

Пороговая энтропия:

$$E_4(s) = 1, \text{ если } |s_i| > \varepsilon; E_4(s) = 0, \text{ если } |s_i| < \varepsilon \quad (16)$$

Для оценки скорости изменения энтропии на каждом уровне вейвлет-декомпозиции предложено использовать критерий относительное изменение энтропии:

$$\frac{dE}{E_i} = \frac{|E_{i+1} - E_i|}{|E_i|} \quad (17)$$

где  $E_i$  - энтропия на  $i$  - м уровне вейвлет-декомпозиции сигнала,  $E_{i+1}$  - энтропия на  $(i+1)$ -м уровне.

#### V. Определение оптимального уровня вейвлет-декомпозиции сигнала.

Оценки оптимального уровня вейвлет-декомпозиции сигнала производилась с использованием ортогонального вейвлета с компактным носителем симплета4 (sym4). Пороговое значение критерия трешолдинга детализирующих коэффициентов было принято равным 3. Исследование проводились в соответствии со следующим алгоритмом:

Декомпозиция сигнала в соответствии с пирамидальным алгоритмом Малла. Исходный сигнал  $s$  подаётся на фильтры декомпозиции низких (L) и высоких (H) частот, после чего с помощью операции децимации  $\downarrow 2$  получаем коэффициенты аппроксимации (сА) на выходе фильтра низких частот и детализирующие коэффициенты (сD) на выходе фильтра высоких частот.

Трешолдинг детализирующих коэффициентов, в соответствии с которым значения детализирующих коэффициентов, меньшие порогового значения, обнуляются, а значения остальных детализирующих коэффициентов уменьшается на величину порогового значения.

Вейвлет-реконструкция сигнала, основанная на первоначальных аппроксимирующих коэффициентах и модифицированных детализирующих коэффициентах.

Вычисление относительного изменения энтропий логарифм энергии и Шеннона по формуле (17).

Увеличение уровня вейвлет-декомпозиции сигнала и выполнение пунктов 1 – 4 алгоритма.

На Рис. 2 показаны хроматограммы очищенного сигнала и шумовой компоненты на различных уровнях вейвлет-декомпозиции сигнала.

На Рис. 3 представлены графики зависимости относительного изменения энтропий от уровня вейвлет-декомпозиции.

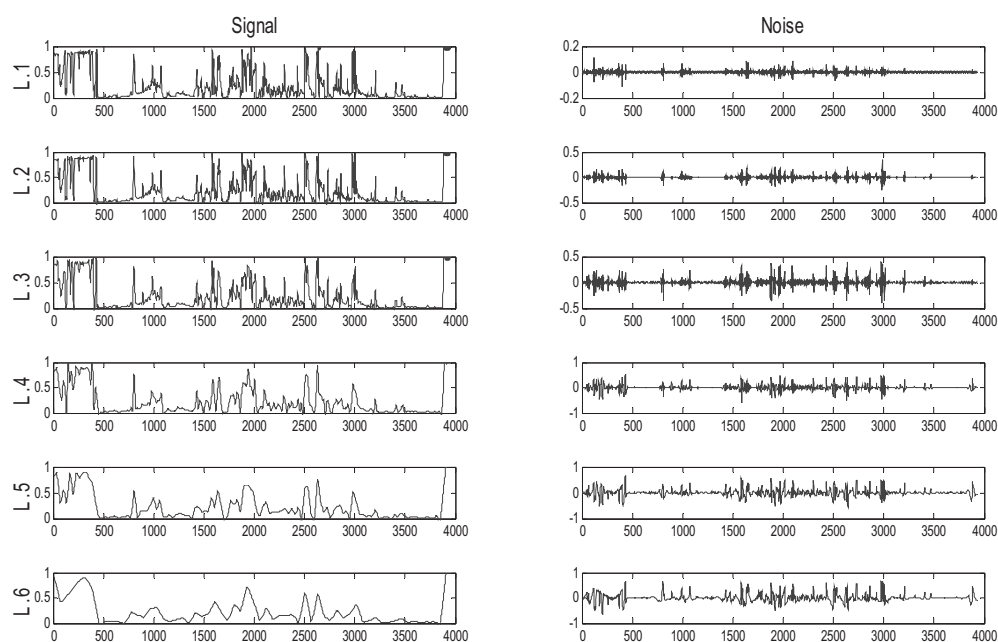


Рисунок 2 – Хроматограммы очищенного сигнала и шумовой составляющей на уровнях вейвлет-декомпозиции от 1(L.1) до 6(L.6)

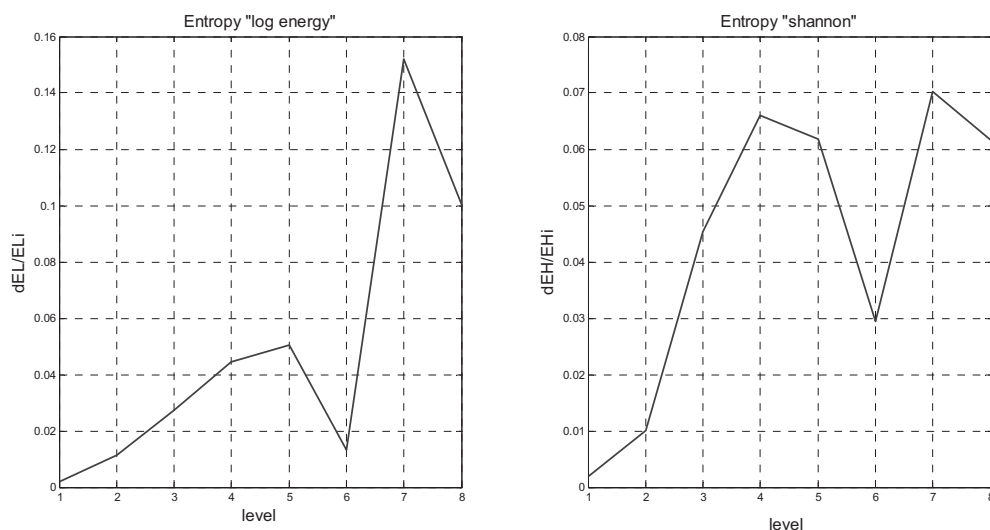


Рисунок 3 – Графики зависимости относительного изменения энтропий от уровня вейвлет-декомпозиции сигнала

Анализ хроматограмм на различных уровнях вейвлет-декомпозиции позволяет сделать вывод, что до четвёртого уровня разложения сигнала происходит поэтапное удаление шумовой составляющей. Это подтверждается графиками зависимости

относительного изменения энтропий от уровня вейвлет-декомпозиции сигнала. До четвертого уровня скорость изменения энтропий плавно возрастает. От четвертого до пятого уровня скорость изменения энтропий резко уменьшается, что свидетельствует об изменении характера информации, удаляемой с сигнала. В нашем случае можно сделать вывод, что после четвертого уровня вейвлет-декомпозиции начинают сглаживаться локальные особенности сигнала, что недопустимо. Данный вывод подтверждается графиками, изображенными на Рис. 2 (L.5 and L.6). Из анализа графиков, изображенных на Рис. 3 также следует, что для определения оптимального уровня вейвлет-декомпозиции сигнала более информативным является критерий энтропия Шеннона.

#### **VI. Определение оптимального значения порогового коэффициента обработки детализирующих коэффициентов**

Процедура трешолдинга связана с процессом обработки детализирующих коэффициентов, несущих основную информацию о шумовой составляющей сигнала, а также о его локальных особенностях. От выбора порогового уровня фона зависит качество шумоподавления сигнала, оцениваемое в виде отношения сигнал/шум. Задание малых значения порога сохраняет фон в коэффициентах детализации и поэтому приводит лишь к незначительному увеличению отношения сигнал/шум. При больших значениях порога можно потерять коэффициенты, которые несут существенную информацию.

Вейвлет-декомпозиция сигнала осуществлялась при помощи вейвлета симплета  $\text{sym4}$ . Значение порогового критерия обработки детализирующих коэффициентов на четвертом уровне вейвлет-декомпозиции сигнала увеличивалось от 1 до 6 с шагом 1. На каждом этапе рассчитывалась скорость изменения энтропий. Графики зависимости относительного изменения энтропий от значения порогового критерия представлены на Рис. 4.

Хромотограммы обработанных сигналов при различных значениях порогового коэффициента представлены на Рис. 5. Анализ графиков, изображенных на Рис. 4 позволяет сделать вывод, что увеличение значения порогового критерия больше 3 не имеет смысла, так как скорость изменения энтропии сигнала равна нулю. Кроме того, из анализа хромотограмм, изображенных на Рис. 5 также

следует, что значение порогового критерия не является определяющим в процессе очистки сигнала от шума.

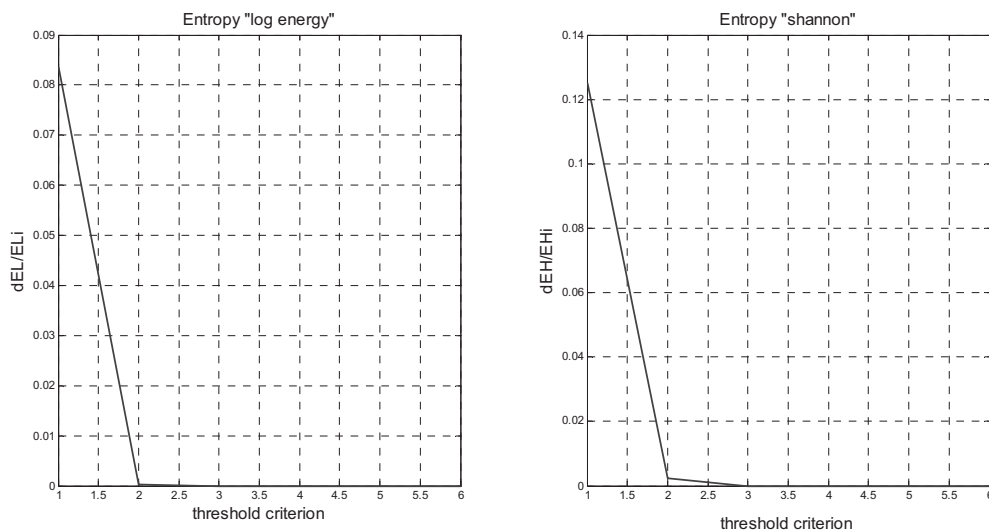


Рисунок 4 – Графики зависимости относительного изменения энтропий от значения критерия пороговой обработки детализирующих коэффициентов

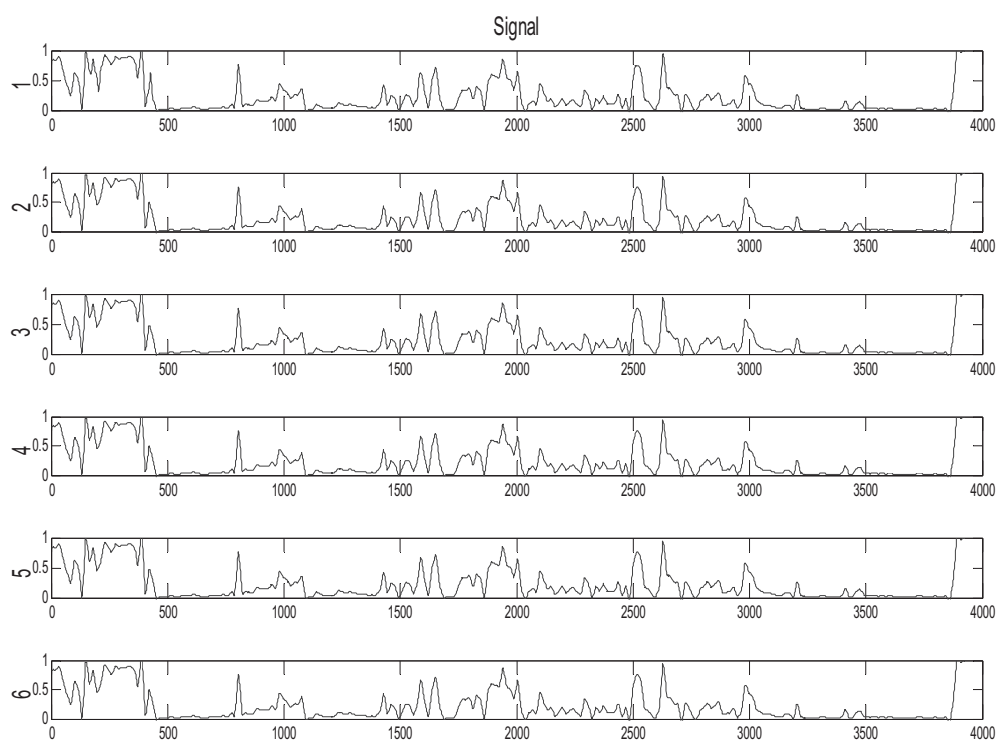


Рисунок 5 – Хромотограммы обработанного сигнала при различных значениях критерия пороговой обработки

## VII. Определение оптимального типа используемого вейвлета.

Вейвлет-обработка хромотограммы производилась ортогональными вейвлетами с компактным носителем: Добеши (dbN), симплеты (symN) и койфлеты (coifN). Этот выбор определялся следующими обстоятельствами: вейвлеты симплеты и койфлеты практически симметричны, все типы данных вейвлетов имеют компактный носитель, их моменты обращаются в нуль и при дискретном преобразовании возможно использование быстрых алгоритмов, что сокращает время обработки информации.

При определении оптимального вейвлета использовался четвёртый уровень вейвлет-декомпозиции сигнала и значение порогового коэффициента обработки детализирующих коэффициентов принималось равным трём. В качестве критериев оценки уровня шумовой компоненты сигнала использовались абсолютное значение относительных изменений энтропии Шеннона и логарифм энергии, при этом за начальное значение энтропии принималась энтропия исходного сигнала. На первом этапе для каждого типа вейвлета находилось определялось наилучшее дерево из условия минимума энтропии. На втором этапе сопоставлялись значения критериев для каждого выбранного типа вейвлетов с целью определения оптимального вейвлета для обработки данного типа сигнала. Графики зависимости относительного изменения энтропий от типа вейвлета Добеши приведены на Рис.6.

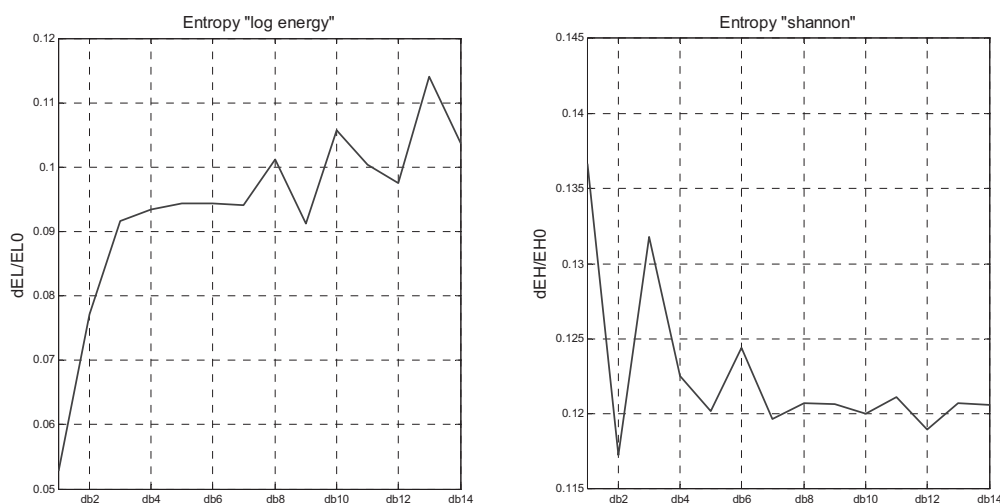


Рисунок 6 – Графики зависимости относительного изменения энтропий от типа вейвлета Добеши

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что согласно критерию относительное изменение энтропии логарифм энергии наилучшее качество обработки сигнала достигается при использовании вейвлета Добеши 13, а согласно энтропии Шеннона – Добеши 1. Хромотограммы оригинального сигнала и сигналов, обработанных данными вейвлетами, приведены на Рис.7. Анализ хромотограмм позволяет сделать вывод о неэффективности применения критерия Шеннона для решения данной задачи, так как максимальное значение критерия соответствует искаженному сигналу, что недопустимо. Таким образом, выбор оптимального типа вейвлета будем производить на основании критерия энтропии логарифм энергии.

На Рис. 8 представлены графики относительного изменения энтропии логарифм энергии для разных типов вейвлетов симплета и койфлета. Анализ графиков позволяет сделать вывод, что наилучшее качество обработки сигнала получается при использовании симплета<sup>7</sup> или койфлета<sup>4</sup>.

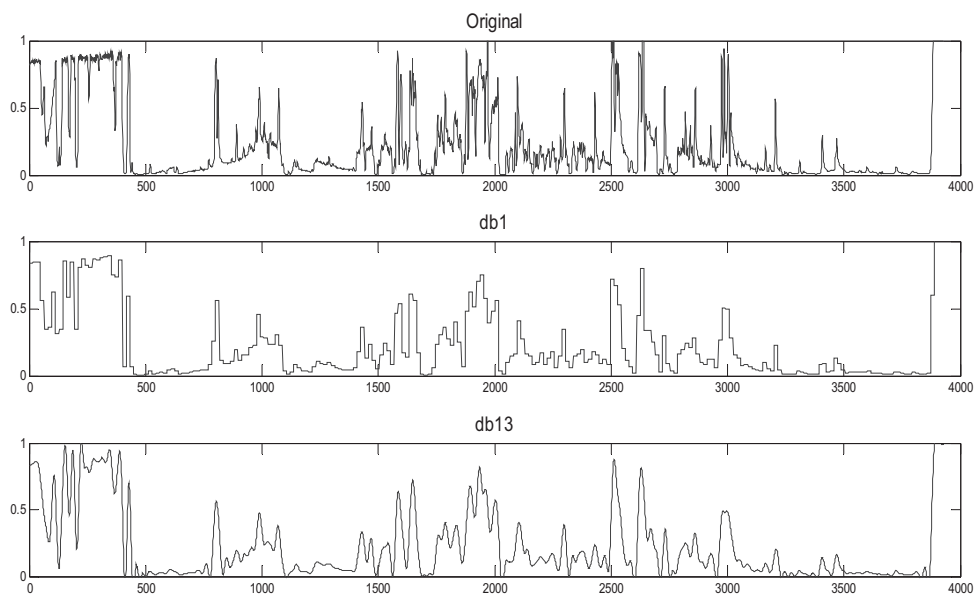


Рисунок 7 – Хромотограммы оригинального сигнала и обработанного вейвлетом db1 и db13

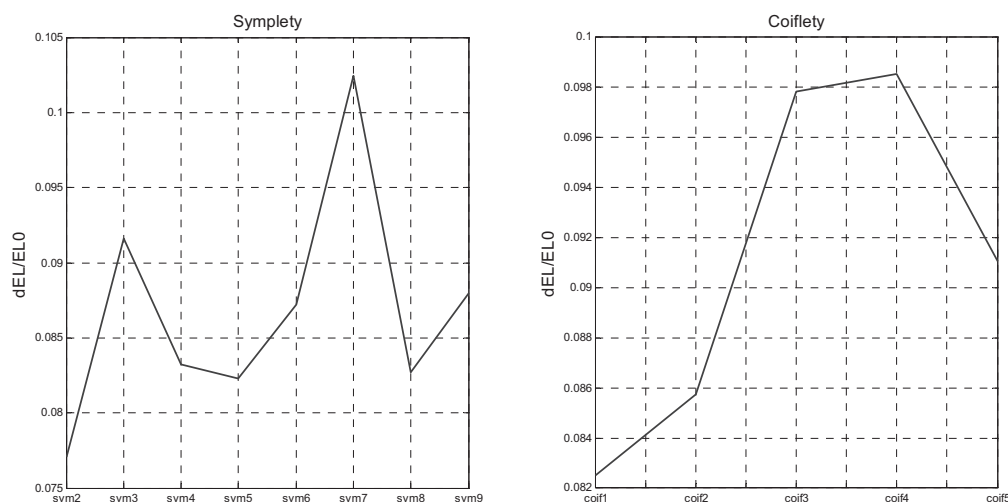


Рисунок 8 – Графики значений относительного изменения энтропии логарифм энергии в зависимости типа симплета и койфлета

На Рис. 9 представлены графики относительного изменения энтропии логарифм энергии при обработке сигнала вейвлетом db13, симплетом sym7 и койфлетом coif4. Максимальное изменение энтропии наблюдается при обработке сигнала вейвлетом Добеши 13, однако следует отметить, что симплет 7 также даёт высокое качество очистки сигнала от шумовой составляющей. На Рис. 10 показаны хромотограммы оригинального сигнала и сигнала, обработанного при помощи вейвлета Добеши 13 и симплета 7. Анализ хромотограмм подтверждает высокое качество очистки сигнала от шума.

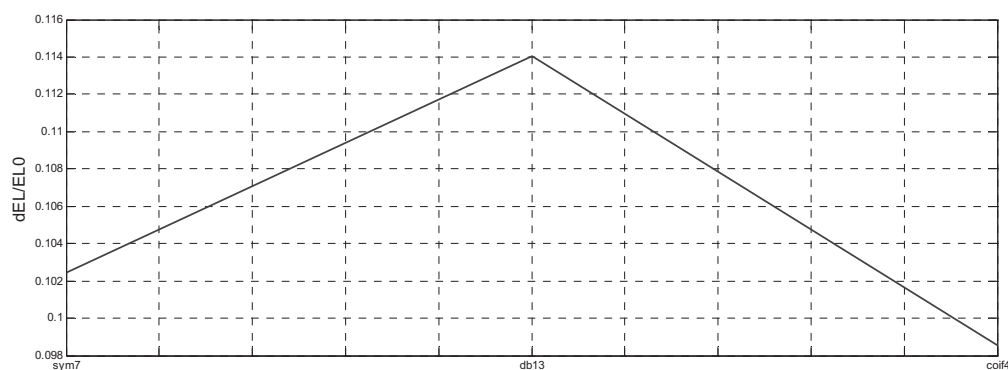


Рисунок 9 – Графики зависимости относительного изменения энтропий от типа используемого вейвлета

### VIII. Заключение

В работе представлены исследования по созданию системы очистки сигнала от шума при помощи вейвлет-анализа и критериев энтропии. Показано, что для выбора оптимального уровня вейвлет-

декомпозиции сигнала эффективными являются критерии относительные изменения энтропий Шеннона и логарифм энергии, при этом за начальную энтропию принимается энтропия на  $n$ -ом уровне вейвлет-декомпозиции. Проведенные исследования так же показали, что для решения поставленной задачи более предпочтительной является энтропия Шеннона.

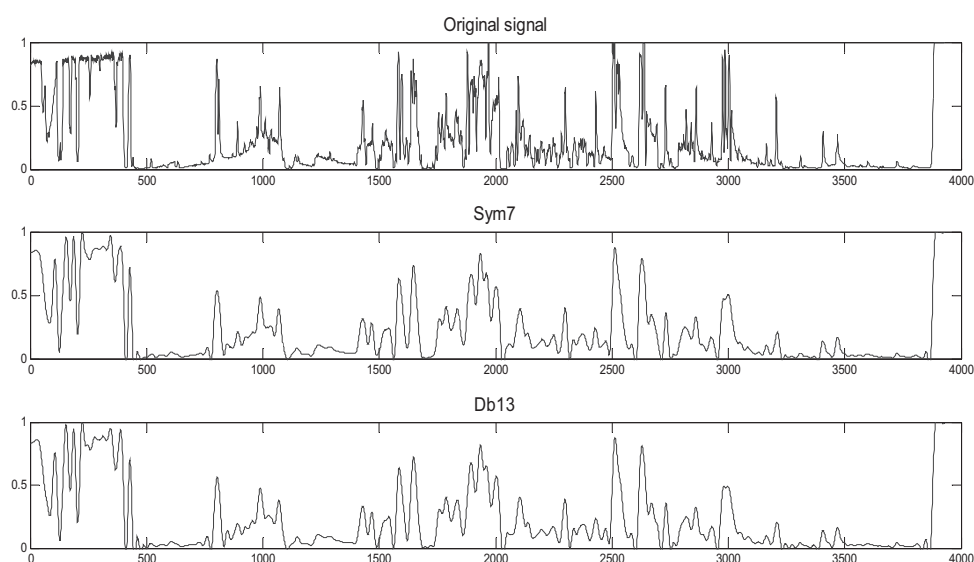


Рисунок 10 – Хроматограммы оригинального сигнала и сигнала, обработанного симплетом sym7 и вейвлетом Добеши db13

При оценке степени влияния коэффициента пороговой обработки детализирующих коэффициентов также использовались критерии относительное изменение энтропий, при этом было показано, что выбор порогового значения коэффициента не является определяющим в системе обработки сигнала, и значение критерия больше трёх нецелесообразно.

Для выбора типа вейвлета за начальную энтропию принималась энтропия исходного сигнала, а оптимальный уровень обработки соответствовал наибольшему отклонению энтропии от исходного значения при предварительно определённом оптимальном уровне вейвлет-декомпозиции сигнала и значении порогового коэффициента обработки детализирующих коэффициентов.

По результатам исследований можно сделать вывод, что оптимальная степень фильтрации хромато-масс-спектрометрического сигнала достигается при использовании вейвлета Добеши 13 или симплета 7 при четвёртом уровне вейвлет-декомпозиции сигнала и значении

порогового критерия обработки детализирующих коэффициентов, равного 3. При этом использовалась мягкая система очистки сигнала.

В перспективе авторы планируют использование проведенных исследований на предварительном этапе решения задач классификации признаков объектов сложной природы с целью повышения разрешающей способности диагностических систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. L. Hualou, L. Qiu-Hua, J. Chen, Application of the empirical mode decomposition to the analysis of esophageal manometric data in gastroesophageal reflux disease, *IEEE Trans. Biol. Eng.* 52 (10) (2005) 620–623.
2. E. Delechelle, J. Lemoine, O. Niang, Empirical mode decomposition: an analytical approach for sifting process, *IEEE Signal Process. Lett.* 12 (11) (2005) 764–767.
3. Y. Kopsinis, S. McLaughlin, Investigation and performance enhancement of the empirical mode decomposition method based on a heuristic search optimization approach, *IEEE Trans. Signal Process.* 56 (1) (2008) 1–13.
4. Justusson B.I. Median Filtering. Digital signal processing. Math. Inst. Stockholm. 1981. 238 p.
5. Hiroshi Ushikawa. Ultrafast All-Optical Signal Processing Devices. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Japan. 2008. 245 p.
6. John Minkoff. Signal Processing Fundamentals and Applications for Communications and Sensing Systems. Artech House, INS. 2002. 305 p.
7. N. Bi, Q. Sun, D. Hunag, Z. Yang, J. Huang, Robust image watermarking based on multiband wavelets and empirical mode decomposition, *IEEE Trans. Image Process.* 16 (8) (2007) 1956–1966.
8. Dwight F. Mix, Kraig J. Olejniczak. Element sof Wavelets for Engineers and Scientists. Wiley-Interscience. 2003. 236 p.
9. Daubechies I. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis // *IEEE Trans. Inform. Theory.* – Vol. 36. – 1990. – P. 961 – 1005.
10. Daubechies I. Ten Lectures on Wavwlwts., SIAM Publ., Philadelphia, 1992.

- 11.C. Chui. An introduction to wavewlts, Academic Press, New York, 1992.
- 12.C. Chui (Ed.). Wavwlets: A Tutorial in Theory and Applications II, Academic Press, New York, 1992.
- 13.Coifman R.R., Meyer Y., Wickerhauser M.V. Wavelet Analysis and Signal Processing // Wavelets and Their Applications / Ruskai et al. (ed.). – Boston Jones and Bartlett, 1992., P. 153 – 178.
- 14.Daubechies I. Orthonormal basis of compactly supported wavelets // Comm. Pure Appl. Math., vol. 46, 1988. P. 909 – 996.
- 15.Donoho D. L. De-noising by soft-thresholding. IEEE Trans. On Inf. Theory, vol. 41, 3, 1995. P. 613 – 627.
- 16.Donoho D. L., Johnstone. Ideal spatial adaptation by wavelet shrinkage. Biometrika, vol. 81, 1995. P. 425 – 455.
- 17.Kevin R., Jeffrey S., Keith A., Henry M. Improved Peak Detection and Quantification of Mass Spectrometry Data Acquired from Surface-Enhanced Laser Desorption and Ionization by Denoising Spectra with the Undecimated Discrete Wavelet Transform.
- 18.<http://www.mdanderson.org/education-and-research/departments-programs-and-labs/departments-and-divisions/division-of-quantitative-sciences/research/biostats-utmdabtr-001-04.pdf>
- 19.Samsul Ariffin Abdul Karim, Mohd Tahir Ismail. Compression Of Chemical Signal Using Wavelet Transform. European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.36 No.4 (2009), pp.513-520.
- 20.Marina Vannucci, Naijun Sha, Philip J. Brown. NIR and mass spectra classification: Bayesian methods for wavelet-based feature selection. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 77, 2005, P. 139– 148
- 21.Coifman R.R., Wickerhauser M.V. Entropz-based algorithms for best basis selection. IEEE Trans. On Inf. Theorz, vol. 38, №2, 1992. P. 713-718.
- 22.Mallat S. A wavelet tour of signal processing. Academic Press, 1998. 452 p.

С.В. Вишемирська, Ф.Б. Рогальський

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОЇ ПРОДУКЦІЇ У ВИРОБНИЦТВО

*Розглянуто побудову мережної моделі процесу впровадження у виробництво нової продукції підприємства харчової промисловості. Наведено математичну модель визначення оптимального складу комбінованих продуктів харчування. Розглянуто метод виробничої функції для аналізу діяльності підприємства.*

*Ключові слова: підприємство харчової промисловості, мережна модель, оптимізаційна задача, функція Лагранжа, виробнича функція, функція Кобба-Дугласа.*

### Вступ

Особливості сучасної трансформаційної економіки та мінливість зовнішнього середовища викликає нестабільність функціонування підприємств, змушує їх оперативно реагувати на різноманітні ситуації, проводити збалансовану цінову політику та швидкі зміни асортименту продукції, що часто потребує своєчасного та обґрунтованого розрахунку змін параметрів технологічного процесу і планування діяльності підприємства в цілому [1, 2]. Для розв'язання таких задач використовуються різноманітні методи, і зокрема, методи лінійного календарного планування [3, 4].

Методи лінійного календарного планування не завжди дають очікувані результати, тому що не дозволяють обґрунтовано та оперативно планувати, обирати оптимальний варіант тривалості робіт, використовувати резерви та коригувати графік діяльності. Цих недоліків можна позбутися використовуючи системи мережних моделей [5]. Найбільш розповсюдженими методами ймовірнісного мережного планування сьогодні є: метод оцінки й аналізу програм (Program Evaluation and Review Technique, PERT); метод статистичних досліджень (метод Монте-Карло); метод графічної оцінки й аналізу програм (Graphic Evaluation and Review Technique, GERT) [6].

### Постановка задачі

Управління діяльністю сучасного підприємства вимагає прийняття ефективних управлінських рішень, що неможливо без сучасних інформаційних технологій і систем підтримки прийняття рішень. Це в повній мірі стосується і підприємств харчової промисловості, асор-

© Вишемирська С. В., Рогальський Ф. Б., 2010

тимент продукції яких змінюється досить часто, адже такі підприємства залежать від сезонних поставок сировини, мінливості постачальників, цінової політики тощо. В таких умовах виникає необхідність говорити про впорядковування проектних робіт, створення та розрахунок проекту [3]. Для розв'язання таких задач може бути використано метод, заснований на побудові стрічкового графіка, або метод, заснований на побудові мережного графіка. Метою даної роботи є спроба розробити мережну модель процесу розробки та впровадження у виробництво нової групи продукції на підприємстві харчової промисловості, а також розробити математичні моделі, що описують основні модулі створеної мережі.

### Викладення основного матеріалу

#### Мережні моделі як засіб планування та управління виробництвом

Основою мережного планування й управління є мережна модель (ММ). Проект може бути представлений мережею, що називається мережною моделлю проекту або логічною діаграмою, дуги якої представляють операції [1]. Час виконання операцій або тривалість операцій відомі та привласнюються дугам як додатні величини. Вершини мережі  $E_i$ , які називаються подіями, можуть інтерпретуватися як результати виконання окремих поодиноких задач. Тривалість операції  $P_{ij}$ , що приймає участь в реалізації події  $E_{ij}$ , позначається як  $t_{ij}$ . В ММ представлена сукупність взаємозалежних робіт і подій, що відображають процес досягнення певної мети. Вона може бути представлена у вигляді графіка або таблиці.

На рис. 1 графічно представлена ММ, що складається з подій та робіт, тривалість виконання яких зазначена над роботами [1].

Перед розрахунком ММ необхідно перевірити виконання наступних вимог:

1. Події правильно пронумеровані, тобто для кожної роботи  $(i, j)$   $i < j$ .
2. Відсутні тупикові події (крім завершальної), тобто такі, за якими не виконується хоча б одна робота.
3. Відсутні події (за винятком вихідної), яким не передують хоча б одна робота.

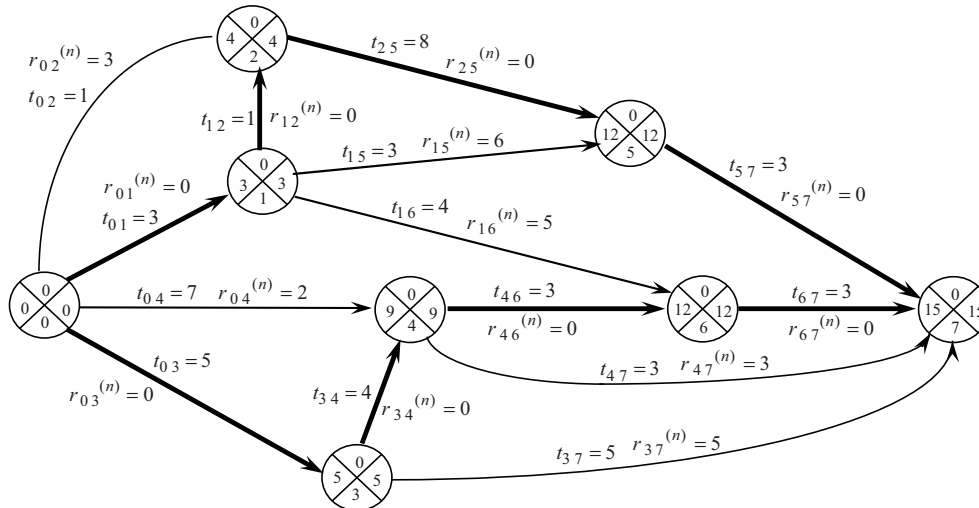


Рисунок 1 – Проект, представлений мережною моделлю

4. Відсутні цикли, тобто замкнуті шляхи, що з'єднують подію з нею ж самою.

Для подій розраховують три характеристики: ранній і пізній строк здійснення події, а також її резерв.

Ранній строк здійснення події визначається величиною найбільш тривалого відрізка шляху від вихідної до розглянутої події, причому  $t_p(1) = 0$ , а  $t_p(N) = t_{k_p}(L)$ :

$$t_p(j) = \max\{t_p(j) + t(i, j)\}, \quad j = 2, N. \quad (1)$$

Пізній строк здійснення події характеризує самий пізній припустимий строк, до якого повинна відбутися подія, не викликаючи при цьому зриву строку здійснення кінцевої події:

$$t_n(i) = \min\{t_n(i) - t(i, j)\}, \quad j = 2, N - 1. \quad (2)$$

Цей показник визначається „зворотним ходом”, починаючи із завершення події, з урахуванням співвідношення  $t_n(N) = t_p(N)$ .

Всі події, за винятком подій, що належать критичному шляху, мають резерв  $R(i)$ :

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i). \quad (3)$$

Резерв показує, на який гранично припустимий строк можна затримати настання цієї події, не викликаючи при цьому збільшення строку виконання всього комплексу робіт.

Необхідні характеристики ММ можуть бути отримані на основі аналітичних формул (1-3), а процес обчислень відображений безпосередньо на графіку, або в матриці, або в таблиці.

Тривалість проекту істотно залежить від структури впорядкування окремих робіт, із яких складається проект. Тому побудова оптимальної структури впорядкування проектних робіт є актуальною задачею планування діяльності підприємства.

В результаті аналізу змістовного вмісту робіт на досліджуваному підприємстві і встановлення зв'язків між ними нам вдалося побудувати мережну модель, яка може бути використана для об'єднання основних модулів, що реалізують процеси у досліджуваній системі. Роботи згруповано в економічні та технологічні процеси у виробничій системі харчової промисловості, що дозволило за допомогою засобів мережного моделювання отримати модель, показану на рис. 2.

Окремим блоком представленої моделі виділено модулі, що розв'язують задачі технологічного процесу.

Для кожного з наведених модулів СППР розроблено відповідну модель підтримки прийняття рішень. Розглянемо методику побудови таких моделей на прикладах окремих задач управління як технологічним процесом, так і підприємством в цілому.

#### **Визначення оптимального набору компонентів для комбінованих продуктів харчування**

Однією з актуальних проблем у розробці та впровадженні в виробництво нової групи продукції є одержання оптимальної рецептури, тобто такої рецептури, яка буде враховувати всі необхідні вимоги за органолептичними показниками, зберігаючи при цьому належний баланс поживних речовин. Необхідно побудувати математичну модель визначення оптимального набору компонентів для комбінованих продуктів харчування, тобто досягнення балансу певних харчових речовин суміші (клітковини, пектинів, натрію, вітамінів тощо). У цьому випадку необхідно використовувати векторну оптимізацію, тобто необхідно досягти балансу вмісту кожної харчової речовини щодо всіх харчових речовин.

У даній задачі в якості змінних оптимізаційної моделі виступають маси інгредієнтів, що складають харчову суміш. Граничними умовами є вимоги за органолептичними показниками, що залежать від вмісту в суміші тільки одного інгредієнту. Обмеженнями висту-

пають вимоги за органолептичними показниками, на які впливають кілька інгредієнтів комплексно (наприклад, консистенція визначається змістом у суміші сухих речовин, які містяться у всіх інгредієнтах), а також обмеження на загальну масу суміші.

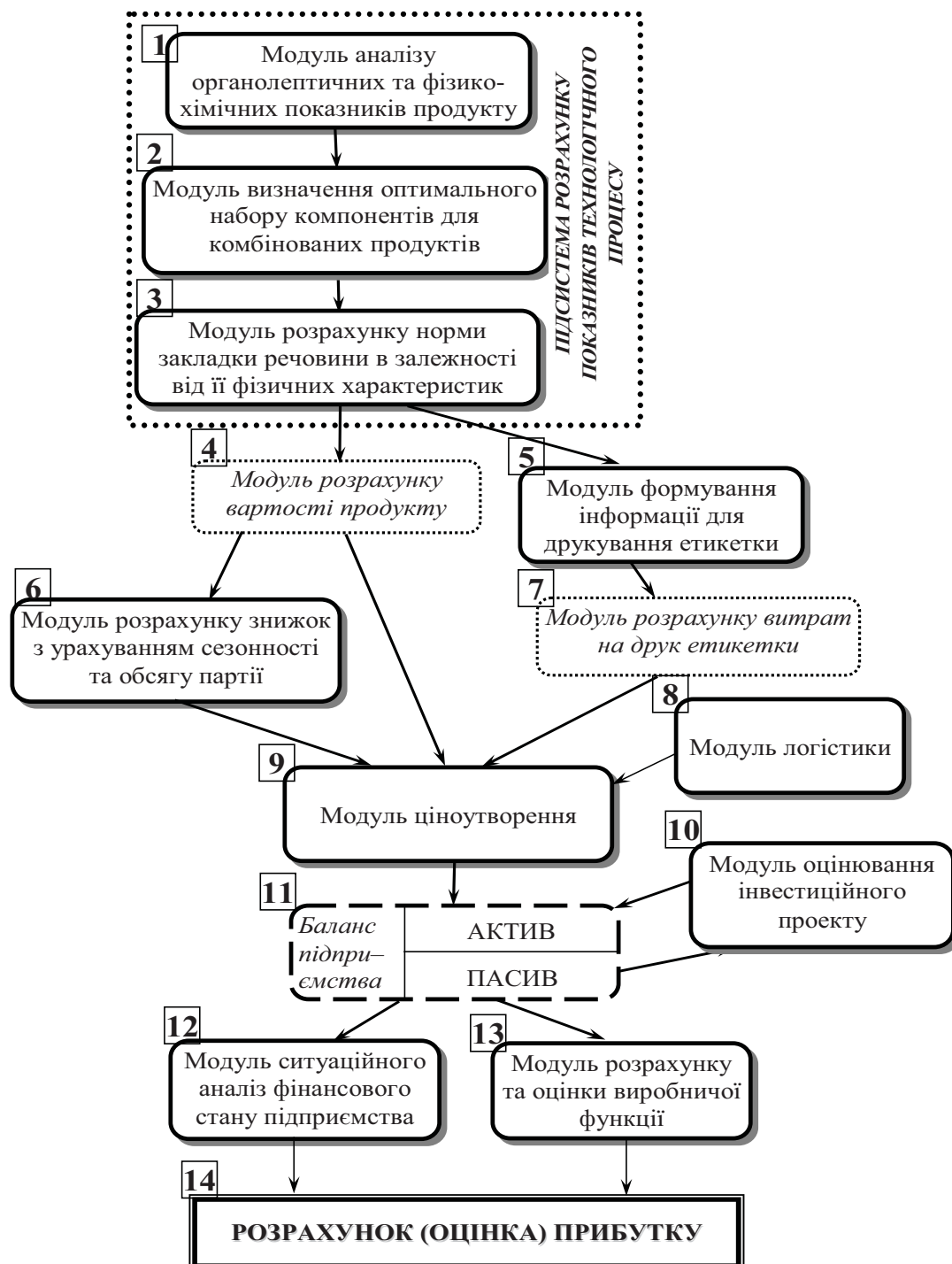


Рисунок 2 – Мережна модель системи підтримки прийняття рішень на підприємстві харчової промисловості

При об'єднанні критеріїв мається на увазі, що вони приведені до єдиної шкали. Приведення до єдиної шкали здійснюється шляхом

вираження фактичних критеріїв  $F_i^{\text{фактич}}$  у відносних значеннях, тобто їхнім нормуванням щодо ідеальних значень  $F_i^{\text{ідеальне}}$  [7].

З урахуванням вимог на невід'ємність критеріїв оптимізується залежність виду:

$$\min F_0 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{F_i^{\text{фактичне}} - F_i^{\text{ідеальне}}}{F_i^{\text{ідеальне}}} \right)^2 \quad (4)$$

Тобто по кожній харчовій речовині необхідно мінімізувати квадрат відносного відхилення від еталона  $\frac{B_j - E_j}{E_j}$ , де  $B_j$  – показник фактичного вмісту в суміші  $j$ -ої поживної речовини,  $E_j$  – показник еталонного вмісту в суміші  $j$ -ої поживної речовини. Оскільки важливо не абсолютне значення того або іншого показника якості або харчової цінності, а їхнє співвідношення в суміші, то перед порівнянням проєктованої рецептури й еталона відповідні показники нормуються. Таким чином, нормований показник фактичного вмісту  $j$ -ої поживної речовини в суміші щодо вмісту в ній всіх поживних речовин:

$$B_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i}, \quad (5)$$

де  $a_{ij}$  – значення  $j$ -го показника в  $i$ -м компоненту (наприклад, зміст показника "вітамін А" у компоненті "гарбуз"). Нормований показник еталонного вмісту  $j$ -ої поживних речовини в 100 г продукту (суміші) щодо еталонного вмісту всіх поживних речовин в 100 г продукту:

$$E_j = \frac{l}{\sum_{j=1}^m l_j}, \quad (6)$$

де  $l_j$  – еталонне значення  $j$ -го показника.

Тоді залежність (4) для даної задачі приймає вид:

$$\min F = \sum_{j=1}^m \left( \frac{B_j - E_j}{E_j} \right)^2 = \sum_{j=1}^m \left( \left( \frac{B_j}{E_j} \right)^2 - 2 \frac{B_j}{E_j} + 1 \right).$$

Математична постановка задачі оптимізації харчових сумішей, таким чином, має вигляд:

$$F = \sum_{j=1}^m \left( \left( \frac{B_j}{E_j} \right)^2 - 2 \frac{B_j}{E_j} + 1 \right) \rightarrow \min \quad (7)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \left( \frac{100 - \omega_i}{100} x_i \right) \geq a \\ - \sum_{i=1}^n \left( \frac{100 - \omega_i}{100} x_i \right) \geq -b \end{cases}, \quad (8)$$

де  $\omega_i$  – процентний вміст води в  $i$ -му інгредієнті;

$a, b$  – межі вмісту сухих речовин у суміші (вимоги до консистенції);

$l_j$  – еталонний вміст  $j$ -ої харчової речовини на 1000 ккал суміші;

$n$  – кількість інгредієнтів суміші;

$m$  – кількість розглянутих харчових речовин (вуглеводів, мінералів і вітамінів).

У такій постановці маємо задачу умовної нелінійної оптимізації з нелінійною цільовою функцією й лінійними обмеженнями й граничними умовами.

Для розв'язання поставленої задачі використовуємо теорему Куна-Таккера та функцію Лагранжа[8, 9]. Отримуємо наступні умови для оптимального розв'язання:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = 2 \sum_{i=1}^m x_i - 2 - \lambda_1 \sum_{i=1}^n c_i + \lambda_2 \sum_{i=1}^n c_i \geq 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = a - \sum_{i=1}^n c_i x_i \leq 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = \sum_{i=1}^n c_i x_i - b \leq 0$$

$$\begin{cases} \left( 2 \sum_{i=1}^m x_i - 2 - \lambda_1 \sum_{i=1}^n c_i + \lambda_2 \sum_{i=1}^n c_i \right) x_i = 0 \\ \left( a - \sum_{i=1}^n c_i x_i \right) \lambda_1 = 0 \\ \left( \sum_{i=1}^n c_i x_i - b \right) \lambda_2 = 0 \end{cases}, \quad (9)$$

де система (9) – це умови додаткової нежорсткості.

Шляхом введення в систему вільних змінних  $v_i$ ,  $w_1$  та  $w_2$  отримуюмо:

$$\begin{cases} 2 \sum_{i=1}^m x_i - 2 - \lambda_1 \sum_{i=1}^n c_i + \lambda_2 \sum_{i=1}^n c_i - v_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n c_i x_i - w_1 = a \\ \sum_{i=1}^n c_i x_i + w_2 = b \end{cases}. \quad (10)$$

Розв'язання системи (10) дозволяє розрахувати оптимальне співвідношення мас інгредієнтів для одержання суміші із заданими характеристиками.

#### Метод виробничої функції для аналізу діяльності підприємства

Розглянемо метод виробничої функції, як засіб, який широко застосовують в мікроекономічному аналізі. Залежно від кількості чинників виробнича функція визначається як одночинникова, двочинникова, багаточинникова. Функціональна залежність може бути подана в табличній, графічній та аналітичній формах [9, 11]. Виробничу функцію застосовують в моделюванні виробничого плану підприємства.

Нехай обсяг випуску продукції у описується двофакторною виробничою функцією виду:

$$y = f(x_1, x_2) = x_1^{\frac{2}{3}} x_2^{\frac{1}{3}}, \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

яка пов'язує два види ресурсів – працю  $x_1$  і капітал  $x_2$ . Ціна одиниці ресурсу  $x_i$ ,  $i = 1, 2$ , становить  $c_i$ , а сталі витрати, які не залежать від обсягу виробництва, –  $c_0$ . Тоді загальні витрати на виробництво продукції становлять:

$$F(x_1, x_2) = c_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 = 3 + 6x_1 + 2x_2.$$

Для складання такого плану виробництва, який за умов сталого обсягу  $C$  випуску продукції забезпечить найменші витрати ресурсів, скористаємось знаходженням мінімуму функції загального виду:

$$F(x_1, x_2) = c_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 \rightarrow \min \quad (11)$$

За умови, що:  $y = f(x_1, x_2) = C, C = \text{const} = 4, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$ .

Щоб уникнути складних викладок, використаємо виробничу функцію Кобба–Дугласа  $y = bx_1^{a_1} x_2^{a_2}$  та знайдемо розв'язок задачі (11) за умов, що:

$$y = bx_1^{a_1} x_2^{a_2} = C, \quad a_1 \geq 0, a_2 \geq 0, a_1 + a_2 = 1; \quad (12)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

Припустатимемо, що всі сталі  $c_1, c_2, a_1, a_2, b, C$  додатні.

Складемо функцію Лагранжа та розв'язавши одержану систему рівнянь знайдемо:

$$\begin{cases} c_1 = \lambda b a_1 \left( \frac{x_2}{x_1} \right)^{a_2} \\ c_2 = \lambda b a_2 \left( \frac{x_1}{x_2} \right)^{a_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{a_1}{a_2} \frac{x_2}{x_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{x_2}{x_1} = \frac{c_1}{c_2} \frac{a_2}{a_1} \Rightarrow x_2 = \frac{c_1}{c_2} \frac{a_2}{a_1} x_1 \quad (13)$$

Стаціонарна точка в цьому випадку задається відношенням:

$$x_1^0 = \frac{C}{b} \left( \frac{c_2 a_1}{c_1 a_2} \right)^{a_2}, \quad x_2^0 = \frac{C}{b} \left( \frac{c_1 a_2}{c_2 a_1} \right)^{a_1} \quad (14)$$

Досліджуючи на екстремум точку  $M_0(x_1^0; x_2^0)$ , маємо:

$$\begin{aligned}
d^2L|_{M_0} &= \frac{\lambda a_1 a_2 C}{(x_1^0)^2} dx_1^2 - 2 \frac{\lambda b a_1 a_2}{(x_1^0)^{a_2} (x_2^0)^{a_1}} dx_1 \left( -\frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{x_2^0}{x_1^0} \right) dx_1 + \\
&+ \frac{\lambda a_1 a_2 C}{(x_2^0)^2} \left( -\frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{x_2^0}{x_1^0} \right)^2 dx_1^2 = \\
&= \frac{\lambda a_1 a_2 C}{(x_1^0)^2} dx_1^2 + 2 \frac{\lambda b a_1^2 (x_2^0)^{a_2}}{(x_1^0)^{1+a_2}} dx_1^2 + \frac{\lambda a_1^3 C}{a_2 (x_1^0)^2} dx_1^2
\end{aligned}$$

Оскільки  $\lambda > 0$  та всі інші параметри у виразі для  $d^2L|_{M_0}$  додатні, то для всіх доволі малих значень  $dx_1 \neq 0$  вираз  $d^2L|_{M_0} > 0$ . Тому  $M_0$  – точка умовного мінімуму.

Отже, щоб виробити задану кількість продукції з найменшими витратами ресурсів, капітал і працю потрібно розподілити згідно зі співвідношенням (13).

Виробнича функція свідчить, що існує багато варіантів виробництва певного обсягу продукції за рахунок певного набору факторів виробництва [12]. Поліпшення технологічних параметрів, що максимально збільшують обсяг виробництва певного виду продукції, завжди відображається у новій виробничій функції. Застосування виробничої функції доречно для обчислення мінімальної кількості витрат, необхідних для виробництва будь-якого обсягу продукції. Співвідношення набору факторів виробництва і максимально можливого обсягу продукції, виробленої внаслідок цього набору факторів, і розкриває сутність виробничої функції.

### Моделі підтримки прийняття рішень в управлінні підприємством

Ефективне управління активною виробничою системою вимагає забезпечення керівників підприємства об'єктивними рекомендаціями з вирішення різноманітних проблемних ситуацій, для чого потрібні відповідні моделі підтримки прийняття рішень. Моделі є основою для створення програмних модулів, що розв'язують конкретні задачі підприємства (рис. 2).

За допомогою запропонованої мережної моделі вдалося об'єднати окремі процеси на підприємстві, завдяки чому налагоджено обмін інформацією між підрозділами підприємства, що дозволило обґрунто-

вано підходити до вибору нової групи асортименту продукції в цілому та до кожного окремого продукту зокрема.

Інформація, отримана в підсистемі розрахунку показників технологічного процесу на початковому етапі розробки та впровадження у виробництво нового продукту є вихідною для подальшого розрахунку та обґрунтування ціни, обсягу виробництва, доцільності та обсягу залучених інвестицій, що, в свою чергу, є підґрунтям для оцінки діяльності підприємства та розрахунку прибутку.

Низка інших моделей забезпечує підтримку прийняття рішень при управлінні підприємством. Керівництву підприємства запропоновано модель ситуаційного аналізу фінансового стану підприємства, модель оцінки ризику інвестиційного проекту, модель формування цінової політики, модель розв'язання логістичних проблем підприємства тощо.

Для наведених моделей розроблено відповідні інформаційні технології. Використання обґрунтованих теоретичних положень і науково-методичних рекомендацій надає можливість керівництву підприємства приймати математично прораховані рішення, що, в свою чергу, дозволяє отримувати стійкі конкурентні переваги, стабільний розвиток, формувати привабливий діловий імідж в умовах невизначеності зовнішнього середовища.

### Висновки

Використання мережних систем планування та управління має суттєве значення для виробництва. Складання мережного графіка дозволяє розглядати організацію робіт у взаємозв'язку та проводити їх підготовку ще до початку виконання всього комплексу робіт. Керівництво має можливість скористатися оптимальною технологією виконання робіт. Чіткий розподіл технологічного процесу на окремі роботи та події підвищує значення вихідної інформації, а зв'язок робіт та подій дозволяє побудувати алгоритм розрахунку мережі. Наведений підхід дозволив запропонувати низку моделей підтримки прийняття рішень для керівників підприємств харчової промисловості. Запропоновані моделі впроваджено на харчовому підприємстві „Південний консервний завод дитячого харчування”.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Планування діяльності підприємства: Навч. посіб. / За заг. ред. В. Є. Москалюка. – К.: КНЕУ, 2005. – 384 с.

2. Вишемирська С. В. Удосконалення управління підприємством дитячого харчування // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. Том 2. – Херсон: ХНТУ, 2010. – С.232-235.
3. А. Кофман, Г. Дебазей. Сетевые методы планирования. – М.: Прогресс, 1968. – 182 с.
4. Кузин Б., Юрьев В., Шахдинаров Г. Методы и модели управления фирмой. – СПб: Питер, 2001. – 432 с.
5. Просветов Г.И. Математические методы в экономике / Г. И. Просветов. – М.: Изд-во РДЛ, 2004. – 160 с.
6. Эддоус М, Стэнсфилд Р. Методы принятия решений / Пер. с англ. под ред. член-корр. РАН И. И. Елисеевой. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1977. – 590 с.
7. Математические модели и методы оптимального конструирования ЭВА и РЭА. Фролов В.А. –Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1985. – 136 с.
8. Зайченко Ю. П., Шумилова С. А. Исследование операций: Сборник задач. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк., 1990. – 239 с.
9. Конюховский П. В. Математические методы исследования операций в экономике: учеб. пособие / П. В. Конюховский. – СПб., 2000. – 208 с.
10. Кулішов В. В. Економіка підприємства: теорія і практика: Навчальний посібник. – К.: Ніка-Центр, 2002. – 216 с.
11. Хома І.Б., Турко В.В. Економіко-математичні методи аналізу діяльності підприємств: Навч.-метод. посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. - 328 с.
12. Экономика предприятия: Учебник / Ред. Е. Л. Кантор. – СПб.: Питер, 2002. – 352 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ СПЕЦИФИКАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Робота присвячена використанню онтологічного апарату для узгодження специфікації вимог до програмного забезпечення інформаційних систем. Запропонована методика узгодження вимог на базі використання онтологій як моделі представлення вимог до програмного забезпечення. Запропонована онтологічна модель представлення вимог. Запропонован алгоритм узгодження вимог на базі матриці правил узгодження та таблиці зовнішньої узгодженості.*

*Ключові слова: онтологія, програмне забезпечення, узгодження вимог, правила узгодженості.*

### **Введение**

Тенденции развития информационных систем связаны со всё более возрастающими требованиями к программному обеспечению этих систем. Разработка программного обеспечения, как правило, состоит из нескольких этапов: анализа требований, спецификации требований, проектировании, кодировании, тестировании и сопровождении программного обеспечения.

Улучшение качества программного обеспечения остается критической проблемой в процессе разработки и эксплуатации информационных систем. Более 70% выпущенных программных продуктов не соответствует изначальным требованиям заказчика, разрабатывается с опозданием и превышает бюджет разработки. Более 94% проектов по разработке программного обеспечения подвергаются полной переработке. Более чем в половине случаев причиной неудач является неадекватная, несогласованная или неточная спецификация требований [1].

### **Моделирование требований на этапе спецификации требований**

Этап спецификации требований связан с доскональным моделированием требований заказчиков, определенных в процессе анализа требований. В качестве входной информации выступают неформальные требования заказчиков, а результатом этого процесса является выработка моделей спецификации проектных конструкций: модели

состояний, модели поведения и модели изменения состояний. Эти модели дают более формальное определение различных сторон (представлений) системы и реализуются в виде диаграмм на языке визуального моделирования.

Существует много языков визуального моделирования, которые могут представить проект с различных ракурсов. Наиболее часто используемым языком является язык UML (Unified Modeling Language) [2], который де-факто является стандартным средством для моделирования программных систем. Большим преимуществом при использовании UML является обширная коллекция различных нотаций, что дает разработчикам большую свободу спецификации программных систем.

Однако такая гибкость часто ведет к появлению несогласованностей в программном проекте. К сожалению, UML не имеет точно определенной семантики, чтобы четко определять и проверять согласованность модели.

В данной работе, под несогласованностью подразумевается ситуация, когда существует конфликт, разногласие или различные трактовки одного и того же или многих фактов, поведения или ограничений.

Одним из путей решения данной проблемы является совмещение различных представлений программного проекта в одну метамодель с точной семантикой, что позволяет применять к данной модели различные методы формальной проверки согласованности спецификации требований.

В качестве метамодели использовались различные языки формальной спецификации требований (нотация Z, а также ее расширения Object-Z и Z++, нотация AMN и другие), промежуточные математические нотации (сети Петри, автомат Крипке и другие) и другие методы формальной записи требований.

В данной работе предлагается использовать онтологический метод в качестве метода формализации семантики UML, а в качестве метамодели представления требований использовать онтологию.

### **Онтологический аппарат**

В последнее время, онтологии стали широко применяться в различных сферах информационных технологий, таких как мультиагентные системы, обработка естественного языка, управление знаниями,

интеллектуальный анализ данных, создание цифровых библиотек, электронная коммерция и т.д.

Онтология – это база знаний специального вида, которая содержит семантическую информацию определенной предметной области. Компоненты онтологии могут быть разными, но практически все модели онтологий содержат определенные концепты (понятия, классы), свойства концептов (атрибуты, роли), отношения между концептами (зависимости, функции) и дополнительные ограничения, которые накладываются аксиомами.

На формальном уровне онтология – это система, которая состоит из наборов понятий и утверждений про эти понятия, на основе которых строятся классы, объекты, отношения, функции и теории [3]. Формально онтология определяется как:

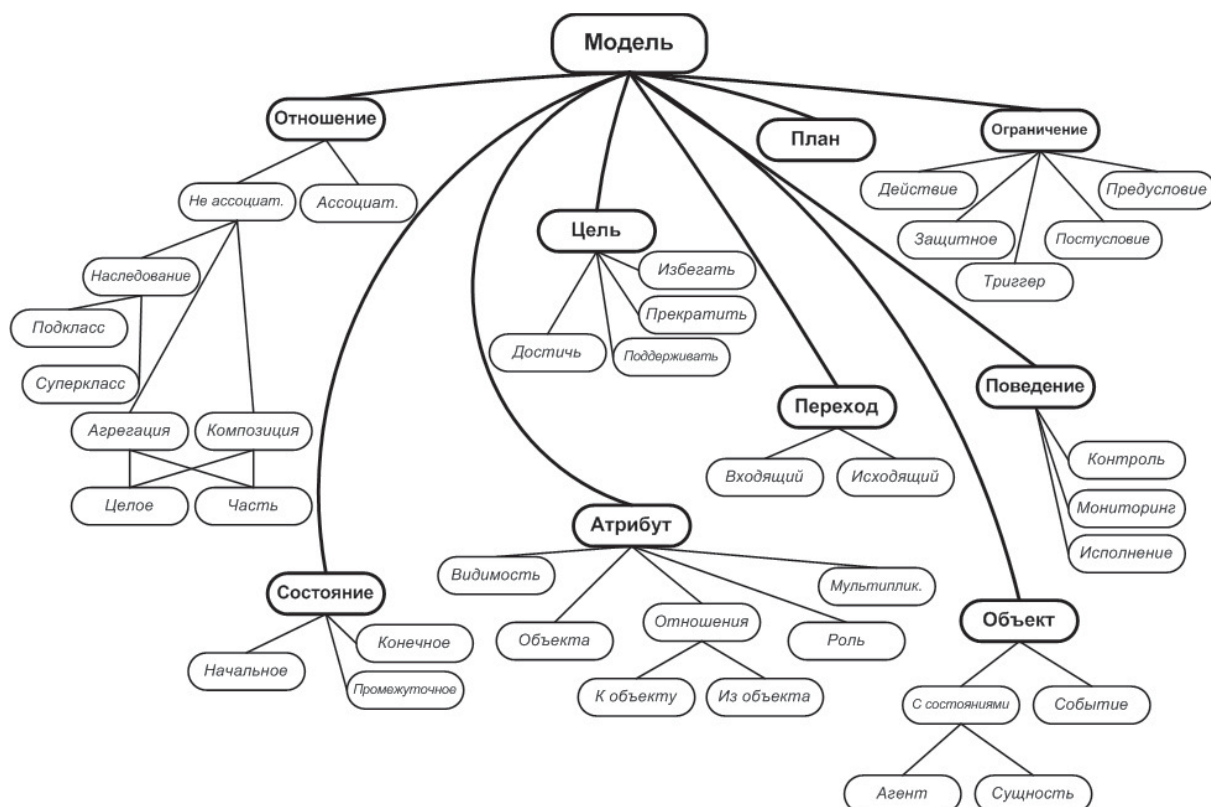


Рисунок 1 – Онтологическая модель представления данных (без указания свойств)

Свойства модели отображают отношения между концептами этой модели. В данной модели свойства реализуют отношение «иметь» (has), если не указано другое название отношения.

Процесс составления экземпляра модели заключается в последовательной обработке диаграмм UML, используемых на этапе спецификации требований, и компоновке экземпляра модели.

На этапе спецификации требований используются четыре диаграммы UML: диаграмма прецедентов (соответствует целям, которым должна соответствовать система), диаграмма классов (соответствует модели состояний системы), диаграмма последовательностей (соответствует модели поведения системы) и диаграмма автомата (соответствует модели изменения состояний).

При обработке UML диаграмм, их элементам ставятся в соответствие концепты онтологической модели (табл. 1).

Таблица 1

Соответствие диаграмм UML и концептов модели

| Диаграмма UML                 | Концепты моделей                      |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Диаграмма прецедентов         | Цель                                  |
| Диаграмма классов             | Объект, атрибут, отношение, поведение |
| Диаграмма последовательностей | Поведение, план, состояние            |
| Диаграмма автомата            | Состояние, переход, ограничение       |

Структура модели обеспечивает представление системы с различных сторон и семантическое перекрытие различных представлений системы.

Диаграммы UML обрабатываются в следующем порядке:

1. диаграмма классов. На этом шаге определяются «объекты», «атрибуты», «отношения» и «поведения»;
2. диаграмма последовательностей. На этом шаге уточняются «поведения», а также определяются «ограничения», связанные с «поведением»;
3. диаграмма автомата. На этом шаге уточняются «ограничения» и определяются «состояния» и «переходы»;
4. диаграмма прецедентов. На этом шаге определяются «цели», связанные с «объектами» и «поведениями».

После обработки диаграмм происходит компоновка экземпляра модели, которая состоит в соединении набора разрозненных концептов в единую модель.

## Алгоритм согласования требований

Согласование требований происходит после составления модели и базируется на использовании т.н. «правил согласования». Эти правила представлены в виде онтологических аксиом, которые являются ограничениями онтологий.

В данной работе представлены два вида правил: правила внешней согласованности и правила внутренней согласованности.

Правила внешней согласованности осуществляют проверку диаграмм в целом, тогда как правила внутренней согласованности осуществляют проверку внутри одной диаграммы или между двумя диаграммами.

Проверка согласованности в целом осуществляется путем составления таблицы внешней согласованности и применения к ней соответствующих правил.

Таблица внешней согласованности заполняется на этапе построения экземпляра модели, после обработки каждой диаграммы. В эту таблицу заносятся данные о наличии того или иного элемента в различных UML диаграммах.

Рассмотрим внешнее согласование на конкретном примере.

Введем правило внешнего согласования: «объект» должен быть определен в диаграмме классов и на него должна быть ссылка, по крайней мере, в одной диаграмме последовательностей и в одной диаграмме автомата:

$$\sqrt{\Omega} = \exists \forall o1 [object(o1) \rightarrow (class\_diagram(o1) \wedge (\exists o2 [sequence\_diagram(o2) \wedge state\_diagram(o2)) \wedge o1 = o2))]. \quad (1)$$

Заполним таблицу внешней согласованности (табл. 2).

Таблица 2

Пример таблицы внешней согласованности

| Элемент UML  | Концепт модели       | Диаграмма классов | Диаграмма последовательностей | Диаграмма автомата | Диаграмма прецедентов |
|--------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|
| [class] Door | [object:entity] Door | TRUE              | FALSE                         | TRUE               | FALSE                 |

Как видно из таблицы, данное правило не выполняется, т.к. в диаграмме последовательностей данного объекта нет. Следовательно, обнаружена внешняя несогласованность элемента модели.

Важным вопросом при решении проблемы согласования требований является классификация несогласованностей. Введение классификации позволяет идентифицировать ошибку в диаграммах, которая привела к несогласованности и ускорить процесс её исправления. В данной работе предложена т.н. «матрица правил согласования», которая классифицирует правила в зависимости от концептов, которые принимают участие в том или ином взаимодействии (табл. 3).

Таблица 3

Структура «матрицы правил согласования»

|             | Объект | Атрибут | Поведение | Цель   | Отношение | Состояние | Переход | Ограничение |
|-------------|--------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|---------|-------------|
| Объект      | Об:об  | Об:Ат   | Об:Пов    | Об:Цл  | Об:От     | Об:Сст    | Об:Пх   | Об:Огр      |
| Атрибут     |        | Ат:Ат   | Ат:Пов    | Ат:Цл  | Ат:От     | Ат:Сст    | Ат:Пх   | Ат:Огр      |
| Поведение   |        |         | Пов:Пов   | Пов:Цл | Пов:От    | Пов:Сст   | Пов:Пх  | Пов:Огр     |
| Цель        |        |         |           | Цл:Цл  | Цл:От     | Цл:Сст    | Цл:Пх   | Цл:Огр      |
| Отношение   |        |         |           |        | От:От     | От:Сст    | От:Пх   | От:Огр      |
| Состояние   |        |         |           |        |           | Сст:Сст   | Сст:Пх  | Сст:Огр     |
| Переход     |        |         |           |        |           |           | Пх:Пх   | Пх:Огр      |
| Ограничение |        |         |           |        |           |           |         | Огр:Огр     |

На основе этой матрицы строятся правила определения внутренней несогласованности. Эти правила затрагивают взаимодействие между двумя концептами и находятся на пересечении строк и столбцов матрицы. Например, правило затрагивающее взаимодействие концептов «Объект» и «Поведение» называется Об:Пов. Приведем пример правила Об:Пов1: сообщение, посланное из «Объекта» должно быть связано с «Поведением» этого «Объекта»:

$$\begin{aligned} & \forall o1 \exists o2 [(object : statebased(o1) \wedge \\ & object : statebased(o2)) \rightarrow (\exists b (behavior(b) \wedge \\ & (property\_has(o1, b) \wedge ((property\_sends\_ \\ & message\_to(b, o2) \vee \exists e (object : event(e) \wedge \\ & (property\_causes(b, e) \wedge property\_sends\_ \\ & message\_to(e, o1)))))))]]. \end{aligned} \quad (2)$$

Данное правило является ограничением для онтологии. В случае если экземпляр модели выходит за рамки наложенных ограничений, полученная онтология будет противоречива, что выявляется существующими средствами формальной логики.

### Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали, что применение онтологии в качестве модели представления данных позволило сократить время на обработку моделей спецификации требований примерно на 7%, однако существенным преимуществом онтологического аппарата оказалось легкость в освоении методики и прозрачность процесса преобразования UML диаграмм в онтологическую модель.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Glib, T. What`s wrong with requirements specification? An analysis of the fundamental failings of conventional thinking about software requirements and some suggestions for getting it right / T. Glib // J. Software Engineering & Applications. - 2010. - № 6. - pp. 827-838.
2. Object Management Group, UML Resource Page (электронная ссылка) // [www.uml.org](http://www.uml.org) – 2008.
3. Gruber, T.R. A translation to portable ontologies [текст] // Knowledge Acquisition. – 1993. – № 5(2). – С. 199-220.
4. IEEE 830-1998, «IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications» (электронная ссылка) // [www.standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html](http://www.standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html).

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СООТНОШЕНИЙ В СППР ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ СЦЕНАРНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ

*Рассмотрены основные особенности метода анализа соотношений и применение его к решению задач сценарного планирования. Приведена структура программного комплекса и особенности его реализации.*

*Ключевые слова: сценарное планирование, альтернатива, пространство целей, область целей*

Главной особенностью задач сценарного планирования, в частности задач оценки сценарных альтернатив является наличие большого количества противоречивых условий и конфликтующих интересов в каждом альтернативном варианте сценария, на этапе принятия решений о выборе наилучшей альтернативы. Согласование интересов при подобных обстоятельствах представляет собой сложную проблему, которая не всегда может иметь решение.

Подобные задачи, в которых нужно одновременно оптимизировать много параметров, относят к векторной или многоцелевой оптимизации. Поиск решений в ситуациях с множеством конфликтующих целей называют многоцелевым принятием решений.

Изучению свойств и методов решения многоцелевых задач посвящено достаточно большое количество работ [2,3,4,5]. Эти вопросы затрагиваются также во многих работах из теории игр, математической экономике, теории статистических решений, исследовании операций, теории оптимального управления и из других научных дисциплин, в которых изучаются разные многокритериальные модели принятия решений. Как показывает многочисленные работы в области решения оптимизационных задач, применения традиционных методов оптимизации не всегда позволяют достичь желаемого результата (действительной точки (точек) оптимума) за приемлемое время, для этого нужны значительные вычислительные ресурсы [7]. Поэтому в последнее время уделяется значительное внимание новым направлениям в области решения сложных задач оптимизации, которые бы позволили избежать основных недостатков классических методов.

Для решения задач многоцелевой оптимизации должны быть

обеспечены определенные условия. В частности, должна быть предоставлена возможность изменять в определенных пределах независимые переменные, которые влияют на критерии качества.

Любая независимая переменная величина, которую можно изменять в некоторых пределах и которая влияет определенным образом на все критерии качества или только на некоторые из них, принято называть управляемой переменной. Эта терминология в определенном смысле созвучна терминологии из теории управления. Она подчеркивает, что процесс многоцелевой оптимизации имеет некоторое сходство с процессом системного управления. Совокупность всех управляемых переменных можно рассматривать как вектор управления. Ему относится в соответствие точка  $N$ -мерного пространства управлений.

Множественное число допустимых значений управляемых переменных называется областью управления. Она характеризует ту часть пространства управлений, где находятся все реализованы управления. Эта область может быть как связанной, так и бессвязной. В частном случае она может состоять из отдельных изолированных точек.

Пространство целей (или целевое пространство) - это пространство, координатами которого является значение всех рассмотренных критериев качества.

Областью целей (или целевой областью) называется множество точек в пространстве целей, где лежат все возможные значения векторов цели.

Зависимость критериев качества от управляемых переменных является собой некоторое отображение пространства управлений на пространство целей. При этом каждой точке области целей отвечает одна или несколько точек пространства управлений. Это значит, что один и тот же результат (одна и та же целевая точка) может быть достигнут с помощью разных комбинаций значений управляющих величин.

Эффективным множественным числом компромиссов называется множественное число всех целевых точек, которые нельзя дальше равномерно (то есть одновременно за всеми целями) улучшить в пределах имеющихся возможностей управления. Таким образом, к этому множественному числу относятся все точки, несравнимые друг с другом в смысле улучшения или ухудшения эффекта управления.

Как известно, скалярные величины можно упорядочить путем попарного сравнения их значений. Проблема сравнения векторных величин намного более сложна.

Если с этой целью воспользоваться «длиной» вектора (нормой), то по существу задания сведется к сравнению скалярных величин.

Если же при сравнении, как это нужно в многоцелевой оптимизации, нужно сопоставлять отдельные компоненты векторов, то сделать однозначный вывод возможно лишь тогда, когда все без исключения компоненты одного вектора больше (или меньше) соответствующих компонент второго вектора.

В большинстве методик сценарного планирования можно выделить основные этапы.

- поиск информации в сценарном пространстве;
- анализ информации;
- определение целей сценарного планирования;
- поиск и нахождение сценарных альтернатив;
- выбор лучшей альтернативы.

На первом этапе собирается вся доступная на момент принятия решения информация: фактические данные, мнение экспертов. На втором этапе анализируется информация и там, где это возможно, строятся математические модели; проводятся экспертные опросы; определяются взгляды на проблему со стороны групп экспертов, которые влияют на ее решение. Третий этап связан с определением целей для различных сценарных вариантов. Четвертый этап, связан с определением альтернативных вариантов сценариев. И заключительный этап включает у себя сравнение альтернатив и выбор наилучшего варианта, или вариантов решения сценария.

Метод анализа соотношений (MOORA) был впервые представлен Брауерсом и Завадским в 2006 году [1]. С помощью метода анализа соотношений возможно решение задач сценарного планирования на разных этапах.

Входные данные состоят из определенных альтернатив и целей представляются с помощью матрицы  $n \times m$  где элементы матрицы  $x_{ij}$  – отношение альтернативы  $j$  к цели или атрибуту  $i$ ; и  $n$  – число целей или атрибутов;  $j = 1, 2, \dots, m$  – число альтернатив. Для того, чтобы определить цель, необходимо сфокусироваться на понятии атрибут. В данном случае цель и соответствующий атрибут соответствуют друг

другу. Поэтому когда цель неопределенна, атрибут не определен также.

Система соотношений, в которой каждое отношение альтернативы к цели сравнивается со знаменателем, который представляет собой сумму всех отношений альтернатив к этой цели. Для этого знаменателя наилучшим выбором будет квадратный корень с суммы квадратов отношения каждой альтернативы до цели:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

где – отношение альтернативы  $j$  к цели  $i$  ;  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $m$  – количество альтернатив;  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  – количество целей;  $x_{ij}^*$  – число, которое представляет нормируемое отношение альтернативы  $j$  к цели  $i$ .

Нормируемые отношения альтернатив к целям лежат в интервале  $[0;1]$ . Однако, иногда интервал может быть  $[-1;1]$ . Для оптимизации, такие значения будут прибавлены в случае максимизации и вычтены при минимизации:

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{j=g} x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{j=n} x_{ij}^* \quad (2)$$

где:  $i=1, 2, \dots, g$  - цели, которые должны быть максимизированы;  $i=g+1, g+2, \dots, n$  - цели, которые должны быть возведены к минимуму;  $y_j^*$  – нормируемая оценка варианта  $j$  с учетом всех целей. Порядковая ранжировка  $y_j^*$  показывает окончательный выбор.

Приближение к точке отсчета основывается на соотношении, которое было приведено в формуле (1), согласно которому также была выведена идеальная точка отсчета. Приближение называется реалистичным и не субъективным, когда координаты подобранные для точки отсчета, реализованы в одном из вариантов альтернатив. Например, у нас есть три альтернативы, описанные таким способом: А(10,100), В(100,20) и С(50,50). В этом случае идеальная точка отсчета  $R_m$  имеет координаты (100;100). Идеальный вектор является самоочевидным, если альтернативы были четко определены как для проектов в области анализа так и планирования проектов. Для определения метрики для точки отсчета лучше всего подходит метрика мин-макс [6]. Одной из проблем в методе MOORA является ранжировка

целей. Одна из целей в  $x_{ij}^*$  не может быть важнее, чем другие (см. формулу 2). Тем не менее, может оказаться необходимым подчеркнуть, что некоторые цели являются важнее, чем другие. Для того, чтобы предоставить цели большее значение, ее можно умножить на определенный экспертом коэффициент важности. На рис. 1. представлена схема алгоритма метода MOORA .

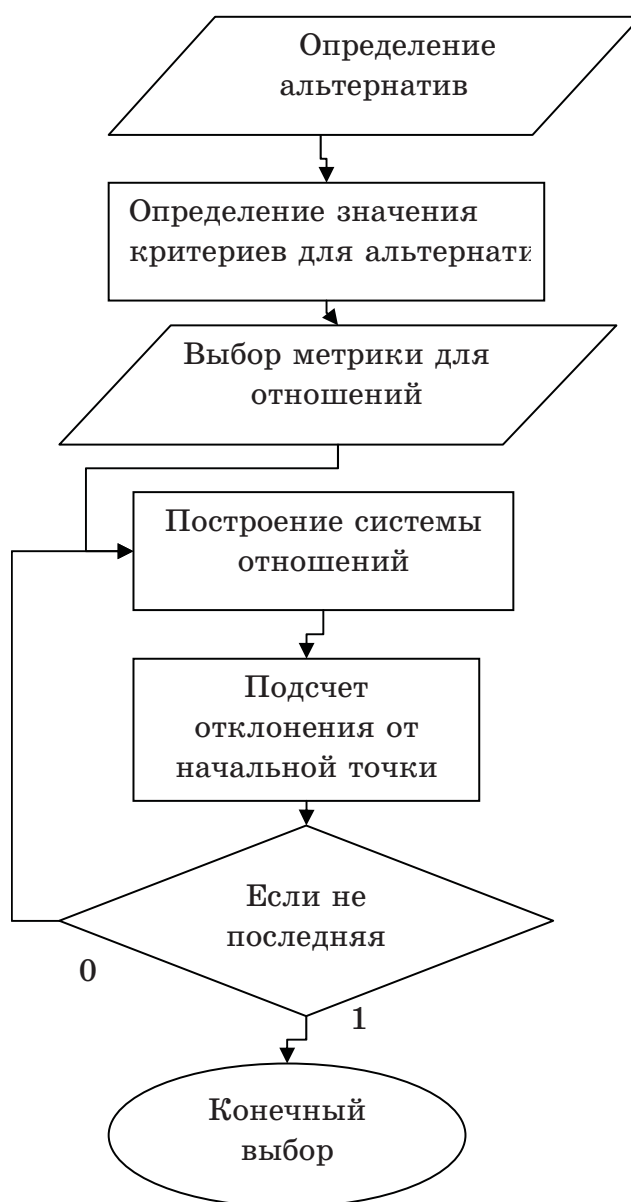


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма метода анализа соотношений.

Для реализации метода анализа соотношений для решения задач сценарного планирования, был разработан программный комплекс диаграмма вариантов использования представлена на рис.2, структура классов которого приведена на рис.3. Программа разработана на языке C++.

Главной частью программного комплекса является библиотека классов MOORALibrary.dll. В ней сохраняется иерархия классов, которая осуществляет расчет по методу анализа соотношений. Каждому этапу метода соответствует определенный класс.

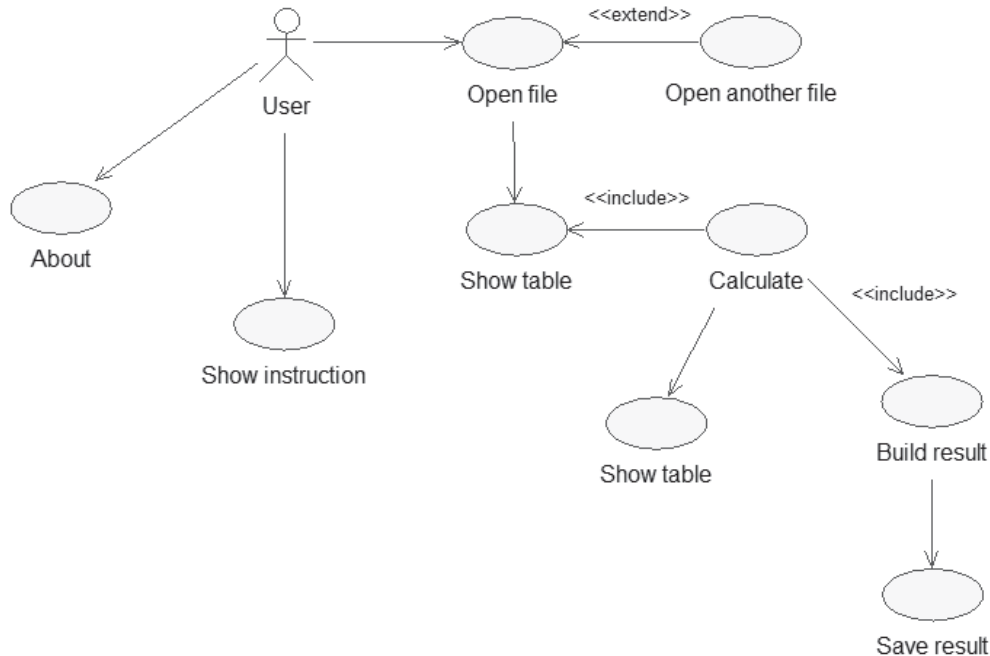


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования

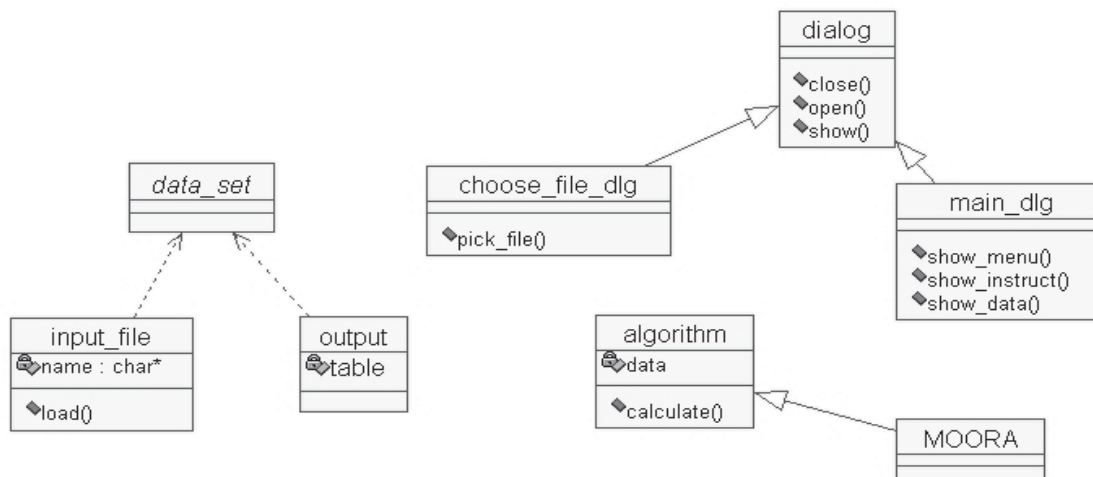


Рисунок 3 – Диаграмма классов

Назначение программы – нахождение оптимального решения с помощью метода MOORA.

| MOORA<br>Table | 1<br>[max] | 2<br>[min] | 3<br>[min] | 4<br>[min] | 5<br>[min] | Total<br>+2.116 | Ranks |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|-------|
| A1             | 0.5316     | 0.4435     | 0.4177     | 0.4325     | 0.4416     | 0.912           | 3     |
| A2             | 0.3544     | 0.4393     | 0.3977     | 0.4325     | 0.4329     | 0.768           | 6     |
| A3             | 0.4784     | 0.3942     | 0.4177     | 0.3944     | 0.3882     | 1.000           | 1     |
| A4             | 0.3189     | 0.3899     | 0.3977     | 0.3944     | 0.3795     | 0.874           | 4     |
| A5             | 0.4253     | 0.3913     | 0.4190     | 0.3967     | 0.4062     | 0.928           | 2     |
| A6             | 0.2835     | 0.3871     | 0.3990     | 0.3967     | 0.3975     | 0.819           | 5     |

Рішення за методом MOORA...

Рисунок 4 – Интерфейс программного комплекса-результаты расчетов.

Кроме того реализованы классы которые инкапсулируют ввод и вывод данных. Эти классы могут использоваться любым приложением Windows (Windows-application): Windows форма, web форма, служба Windows или web служба.

Необходимая для критериев информация сохраняется в локальной базе данных MOORADData.mdb. Именно отсюда выбираются табличные значения для представленного метода. Кроме того, в базе данных сохраняется описание каждого реализованного проекта и описание основной и альтернативной гипотез. Метод класса с .dll файла обращается к базе данных з запросом и получает набор данных (dataset) в ответ. Возможен ввод и вывод данных с помощью электронных таблиц MS Excel (.xls).

Данный программный комплекс может использоваться автономно, а может применяться в качестве подсистемы в системах поддержки принятия решений для решения задач сценарного планирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. W.Karel, M. Brauers, E. Zavadskas, F. Peldschus, Z. Turskis – Multi-objective decision-making for road design, – TRANSPORT 2008, ст.183-193.
2. В.И. Торкатюк, О.Л. Сидоренко, М.П. Господин, А.Л. Шутенко, Д.В. Бутник, С.В. Мозговий – Организационно экономические аспекты устойчивого развития городов, - научно-технический сборник №85, - Харьковская национальная академия городского хозяйства 2008.

3. P. Nijkamp, F. University, A. Spronk - Interactive multiple goal programming, - Rotterdam Preliminary and Confidential Research Memorandum nr. 1978.
4. S. J. Sadjadi, M. Habibian and V. Khaledi - A Multi-Objective Decision Making Approach for Solving Quadratic Multiple Response Surface Problems, - Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vol. 3, 2008 №32, стр. 1595 – 1606
5. Jared L.Cohon – Multiobjective Programming and Planning, - Academic press London 1978.
6. В.Д. Ногин - Принятие решений при многих критериях, Учебно-методическое пособие, - Санкт-Петербург 2007
7. J.Lu, G.Zhang, F.Wu – Multi-objective group decision making, - Imperia; college press.

І.М. Дронюк, М.А. Назаркевич, Ю.М. Пелех

## РОЗРОБКА ТА СТВОРЕННЯ МОДЕЛЕЙ ГРАВЮРИ НА ОСНОВІ ОСЬОВОЇ СИМЕТРІЇ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ

*Представлено моделі, які дозволяють будувати гравюри у векторному форматі. Розроблено методи побудови гравюр, які ґрунтуються на осьовій симетрії і призначені для поліграфічного захисту. На основі цих методів реалізовано спеціальне програмне забезпечення для побудови гравюр. Приведено приклади реалізації гравюр з осьовою симетрією на основі спіралі Архімеда.*

*Ключові слова: поліграфічна продукція, поліграфічний захист, векторний формат, модель гравюри, осьова симетрія, спіраль Архімеда.*

### Вступ

При виготовленні поліграфічної продукції використовують гравюри, які покращують дизайн видання та дозволяють підвищити ступінь захисту документів. Це досягається шляхом нанесення дрібних елементів. За рахунок складності утворення найдрібніших елементів – ліній у гравюрі, можна перевірити достовірність документу. При спробі підробки, гравюру неможливо відтворити за допомогою інших технологій, які використовуються при виготовленні друку. Важливим елементом оформлення документу є його дизайн. Використання гравюри дає можливість створити його із стильним та оригінальним малюнком.

При виготовленні захищеної поліграфічної продукції дуже часто застосовують гільйоші. Разом з гільйошем застосовують зображення, що імітують відбиток граверного кліше, наприклад, деталізовані портрети, які складно підробити без втрати якості [1]. Сьогодні більшого розвитку набули комп'ютерні технології виготовлення гравюри. Дана робота направлена на створення нових алгоритмів роботи комп'ютерних програм, інтелектуальних методів аналізу початкового зображення і максимально наближеного до "ручної" роботи процесу штрихування областей початкового зображення.

Для створення гравюри необхідно розробити відповідне програмне забезпечення [2]. Розроблено програмне забезпечення, результатом роботи якого є електронний файл у форматі Portable Document Format (PDF), який став стандартом у видавничій справі, та у сфері документообігу.

© Дронюк І.М., Назаркевич М.А., Пелех Ю.М., 2010

### Постановка задачі

Проблема забезпечення якості поліграфічної продукції та її захищеності від підробок завжди є актуальною [3]. Одним з методів поліграфічного захисту є захист на стадії додрукарської підготовки. Гравюри вважаються одним з найелегантніших та найдавніших елементів захисту поліграфічної продукції. На сьогоднішній день маємо розвиток комп'ютерної поліграфічної техніки. Метою даної роботи є розробка методів для побудови гравюри, створення стильного дизайну та захисту поліграфічної продукції. Для створення гравюр вибираємо векторний формат, який гарантовано дає високу якість при тиражуванні.

Найсильнішою стороною векторних малюнків є те, що вони дуже легко масштабуються без втрати точності. Також їх можна переміщати і обертати на будь-який кут. При цьому не треба переписувати всі координати точок, можна виконати опис фрагмента малюнка в будь-якій системі координат і потім швидко перерисувати у будь-якій іншій системі координат.

### Створення моделей гравюри на основі осьової симетрії

Створимо модель гравюри для представлення у *pdf*-форматі. Однією з найпростіших фонових рисунків з осьовою симетрією є спіраль Архімеда [4].

Спіраль будується в полярній системі координат з початком у центрі малюнка за формулою

$$\rho = a \cdot \varphi, \quad a > 0.$$

де  $\rho$  відстань від поточної точки спіралі до початку координат,  $a$  – довільна додатня константа,  $\varphi$  – кут променя, що з'єднує точку з початком координат.

Обчислення спіралі та її графічне представлення виконано у векторному форматі та кінцевий результат представлено у файлі формату *pdf* [5], див. рис. 1.

Опишемо створення моделей гравюри на основі деформації спіралі Архімеда. Спіраль Архімеда представлено масивом точок  $S_N$ . Для побудови гравюри вводимо рисунок. Будуємо масив пікселів  $W_N$ , що відповідає точкам рисунка. Для деформації спіралі Архімеда знаходимо масив  $D_N$  як перетин двох масивів  $S_N$  та  $W_N$ ,  $D_N = S_N \cap W_N$ .

Відповідно до вибраного розміру околу кожної точки масиву  $D_N$  проводимо деформацію ліній сітки в околі.

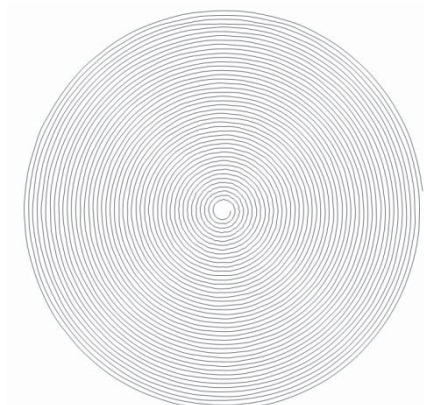


Рисунок 1 – Спіраль Архімеда у векторному форматі



Рисунок 2 – Реалізація гравюри на основі Спіралі Архімеда

Приклади реалізації такого алгоритму наведені на рис. 2. Блок-схема алгоритму для утворення гравюри показана на рис.3

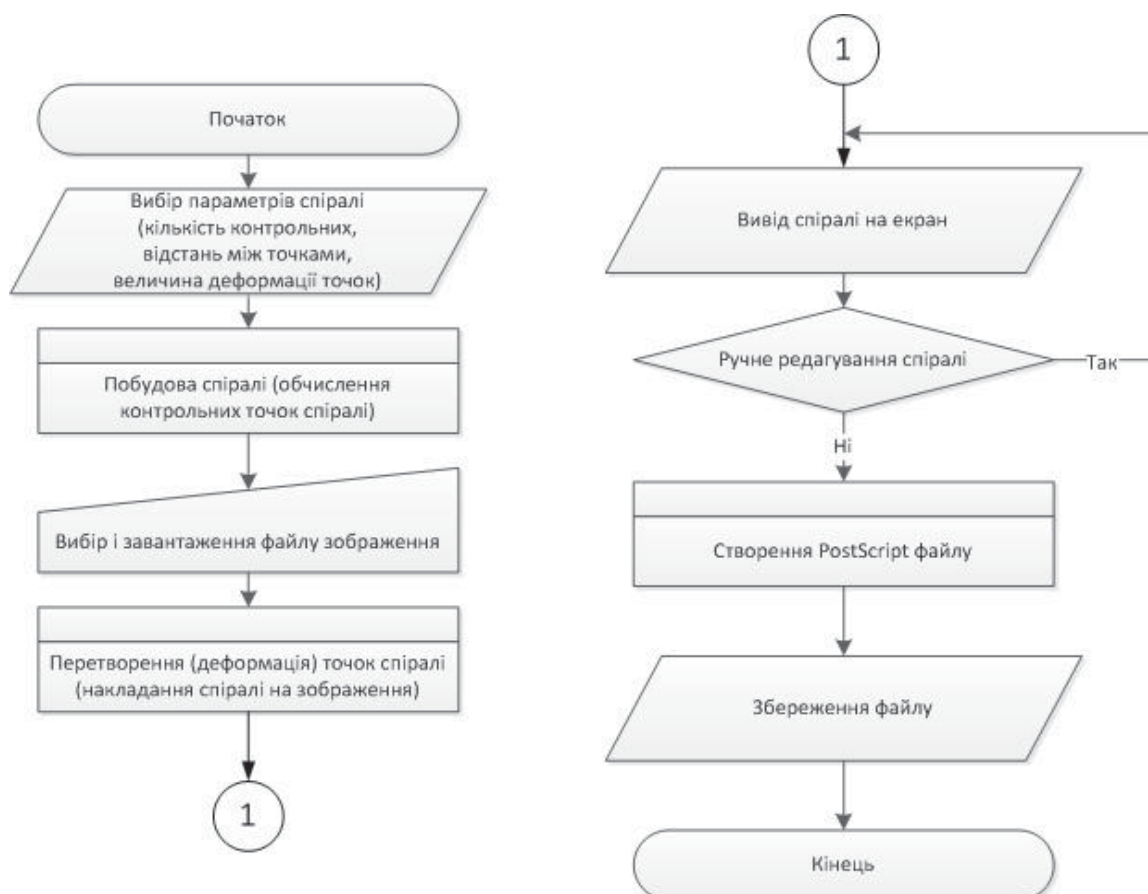


Рисунок 3 – Блок-схема роботи програми

Для здійснення деформації околу кожної точки при створенні гравюри розроблено алгоритм деформації околу точок спіралі, блок-схема якого відображена на рис. 4.

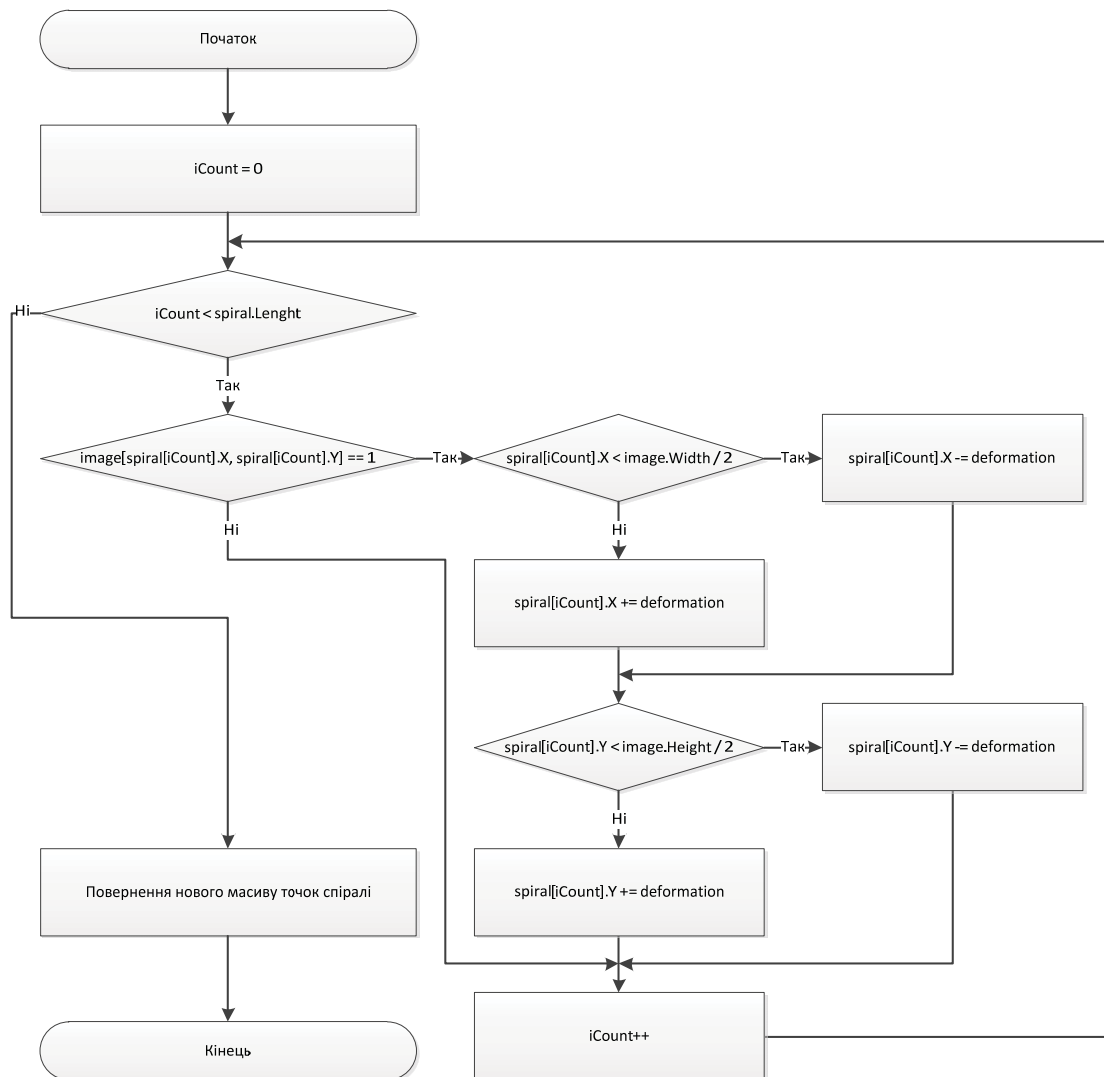


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритму реалізації деформації околу точок спіралі

Спочатку вводимо лічильник кількості точок спіралі *iCount*. Далі формуємо масив координат точок - *spiral*, за яким будемо будувати спіраль, тобто основу гравюри. Поки лічильник *iCount* не набув максимального значення *spiral.Length*, відбувається побудова гравюри. Вводимо масив пікселів зображення *image*, який має обмеження по висоті - *image.Height* та по ширині *image.Width*. Якщо поточне значення точок масиву спіралі та масиву зображення збігаються, то відбувається перехід на змінну *deformation*, яка множиться на поточні координати спіралі, та у результаті отримуємо деформацію точок спіралі при накладанні на зображення. Величину деформації користувач задає на початку роботи програми.

### Розробка інформаційної технології для створення гравюри

Інтерфейс програми містить (див. рис.5): вікно виведення зображення (1); панель налаштувань, де можна задати параметри для побудови спіралі: кількість точок спіралі, та крок зміни кута у полярній системі координат, радіус початкового кола спіралі та величину деформації точок при накладанні на зображення (2); рядка статусу (3); кнопок керування (4); меню вибору файлу з зображенням (5). У рядку статусу розміщена інформація про стан кнопок керування та виконання поточної операції.

Даний програмний продукт має простий і зручний інтерфейс. При наведенні користувачем маніпулятора мишки, в рядку статусу виводиться опис елемента інтерфейсу, на який наведено курсор. Для побудови спіралі достатньо натиснути клавішу «Draw». Спіраль буде виведено у вікні виведення зображення (1). Користувач має можливість задати свої значення параметрів для побудови спіралі на панелі налаштувань (2): кількість витків, товщину лінії, крок витка. Для побудови гравюри потрібно попередньо завантажити файл з зображенням. Це можна зробити за допомогою діалогового меню (5), яке викликається натисненням кнопки «Open image».

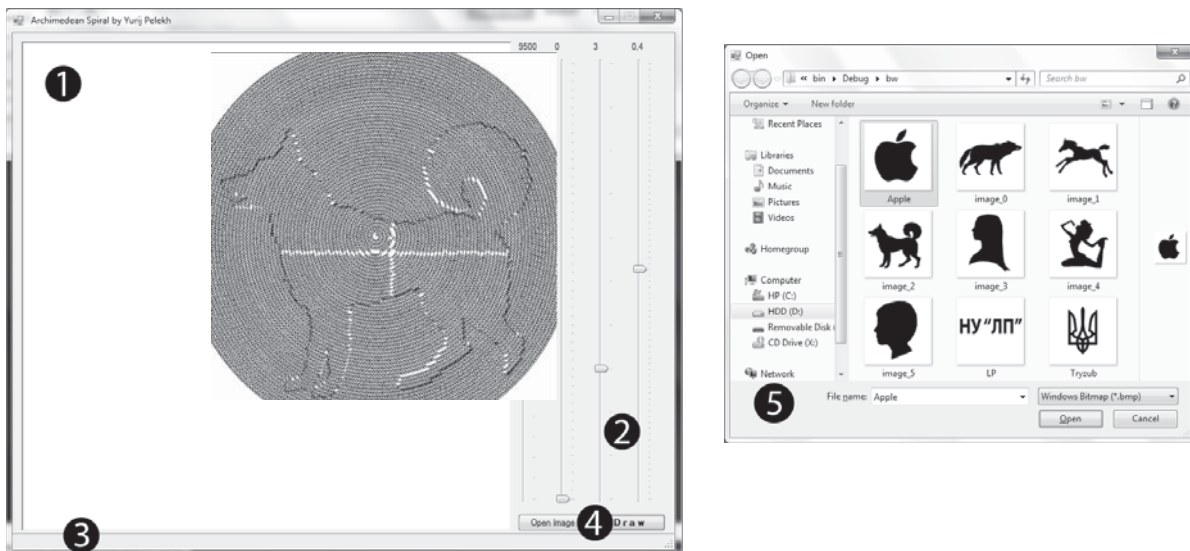


Рисунок 5 – Інтерфейс програми для створення гравюри на основі осової симетрії

Після успішного завантаження файлу з зображенням і побудови гравюри, отримується *ps*-файл і відповідне зображення у вікні виведення (1). Для складних малюнків реалізовано режим ручного редагування (див. рис. 6,7). Він полягає у наданні користувачеві можливості вносити корективи в будь-яку з контрольних точок спіралі. Ко-

нтрольними точками вважаємо такі точки спіралі, які розміщені з постійним інтервалом між сусідніми точками і через які обов'язково проходить лінія спіралі незалежно від деформації самої спіралі.

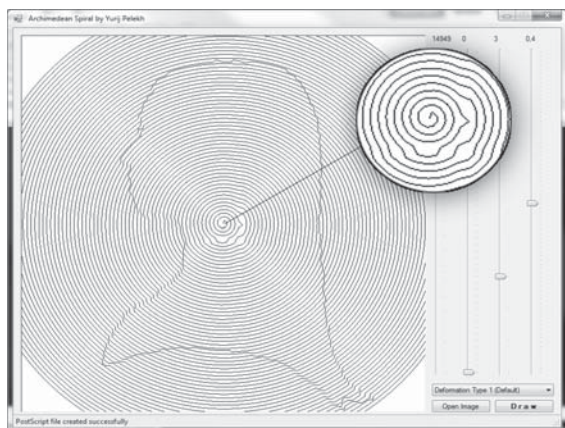


Рисунок 6 – До ручного редагування

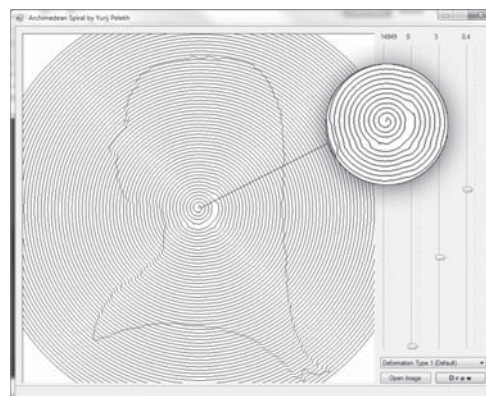


Рисунок 7 – Після застосування режиму ручного редагування

Сформований *ps*-файл із зображенням гравюри конвертуємо у *pdf* формат і отримуємо зображення високої якості придатне для поліграфічного тиражування (див. рис. 8).

### Висновки

Розроблене спеціальне програмне забезпечення для побудови гравюр у векторному форматі. Результатом роботи програми файли з зображенням гравюри, які придатні для тиражування з високою поліграфічною якістю. Представлено алгоритм побудови гравюри за допомогою деформації спіралі Архімеда.

Описано інтерфейс та структуру програмного забезпечення для побудови гравюр на основі осової симетрії. У даній статті приведено приклади реалізації гравюри на основі спіралі Архімеда, але можна використати інші криві з осовою симетрією.

Приклади побудованих зображень мають високу якість і можуть бути використані для захисту поліграфічної продукції та у рекламній справі.

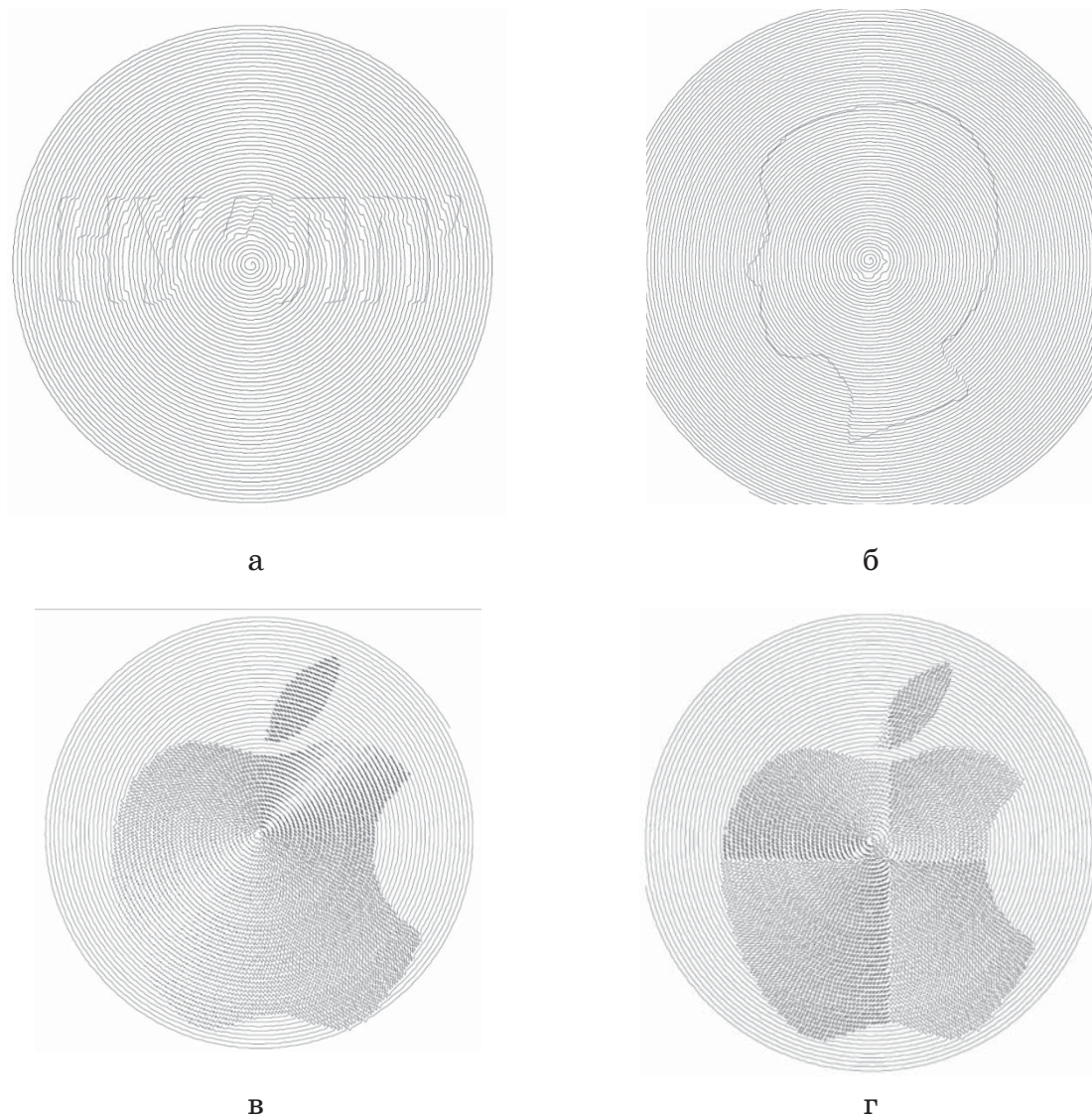


Рисунок 8 – Результаты работы программы побудови гравюр а – НУ “ЛП”, б – контур людини, в – яблуко, г – яблуко з реалізацією різного кута збудження за осью симетрії.

### ЛІТЕРАТУРА

1. [www.jura.at](http://www.jura.at)
2. [www.securitysoft.ru](http://www.securitysoft.ru)
3. Коншин А.А. Защита полиграфической продукции от фальсификации. М.: «Синус», 1999. - 160 с.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1973, - 831 с.
5. В.В. Грицик, І.М.Дронюк, М.А. Назаркевич Метод захисту та відтворення інформації засобами Атеb-функцій Доповіді НАН України, м.Київ, 2008, № 5. С.48-52

М.В. Заморёнов, В.Я. Копп, Д.В. Заморёнова

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ С ОБЕСЦЕНИВАЮЩИМИ ОТКАЗАМИ

*Предложена имитационная модель функционирования производственной ячейки при условии, что в случае её отказов обслуживание продукции прерывается, а после восстановления ее работоспособности оно начинается сначала.*

*Ключевые слова: автоматизированная линия, функция распределения, технологическая ячейка.*

Как составляющая в структуре автоматизированной производственной системы (АПС), ячейка является элементом нижнего уровня иерархии по отношению к автоматизированным линиям (АЛ). Выходные параметры ее функционирования являются исходными данными для расчета АЛ, чем обеспечивается информационная согласованность иерархически организованных моделей всей системы в целом.

При таком подходе целесообразно использовать эквивалентные преобразования, позволяющие сворачивать как всю систему в целом, так и ее отдельные части, и заменять их простейшими элементами, имеющими два факторных состояния: отказовое и рабочее. Процесс функционирования таких элементов описывается функциями распределения (ФР) времени наработки на отказ и времени восстановления, а также времени обслуживания продукции. Если говорить о технологической ячейке (ТЯ), то фактически, реальная ячейка, обладающая определенной надежностью, заменяется эквивалентной с точки зрения производительности абсолютно надежной ячейкой. Аналогично сказанное относится и к любым другим, более крупным частям АЛ.

Эквивалентная замена элементов АЛ абсолютно надежными, позволяет значительно упростить преобразования при построении модели всей системы, а в некоторых случаях такой подход позволяет моделировать части линий, модели которых до сих пор не созданы. Примером последнего высказывания может служить модель двух параллельно функционирующих ТЯ, работа которых описывается суперпозицией двух альтернирующих процессов восстановления [1].

В отличие от известной из литературы [2] модели ТЯ с необесценивающими отказами, в данной статье рассматривается имитационная модель ТЯ с обесценивающими отказами [3].

© Заморёнов М.В., Копп В.Я., Заморёнова Д.В., 2010

Следует отметить, что иногда целесообразно учитывать различные виды отказов ТЯ, то есть описывать их не интегрировано, а дифференцированно, с учетом специфики каждого из них [4,5]. Кроме этого, довольно часто возникают ситуации, когда необходимо учитывать другие виды простоев ТЯ, вызванные, например, переналадкой их на выпуск другого вида продукции, профилактическим обслуживанием и т.д. Поэтому, в ряде случаев, целесообразно говорить не об отказах ТЯ, а использовать более общий термин «простой».

Учет специфики простоев АПС, включая переналадки, является одним из основных моментов, позволяющих повысить производительность.

Резервы повышения производительности и надежности АПС путем сокращения времени простоев оценивают с помощью баланса производительности, который учитывает все факторы ее определяющие.

ТЯ можно рассматривать как дискретную стохастическую систему с постоянной структурой. Любая подобная система неизбежно испытывает различные возмущения, источниками которых могут быть либо внешние воздействия, обусловленные случайными или систематическими изменениями окружающих условий, либо внутренние флуктуации, возникающие в самой системе в результате взаимодействия элементов. При исследовании эти системы обычно представляются в виде стохастических моделей дискретных процессов. Несмотря на успешное применение методов аналитического моделирования, достаточно эффективным методом исследования таких систем остается имитационное моделирование на ЭВМ с применением специализированных систем.

Система GPSS предоставляет пользователю законченную высокоуровневую информационную технологию создания имитационных моделей. В этой системе имеются средства формализованного описания параллельных дискретных процессов в виде условных графических изображений или с помощью операторов собственного языка. Координация процессов осуществляется автоматически в едином модельном времени. Пользователь в случае необходимости может ввести свои правила синхронизации событий. Имеются средства управления моделью, динамической отладки и автоматизации обработки результатов. В языке GPSS предусмотрены различные виды объектов, испо-

льзуемых при моделировании дискретных систем: сообщения, устройства, многоканальные устройства, очереди и т.д.

При построении ИМ для ТЯ с обесценивающими отказами предполагается, что время обслуживания единицы продукции, время безотказной работы, время восстановления ТЯ  $(\alpha_1, \alpha_2, \beta_2)$  являются независимыми СВ, имеющими конечные математические ожидания и дисперсии; у ФР  $F_1(t), F_2(t), G_2(t)$  существуют плотности  $f_1(t), f_2(t), g_2(t)$ . При отказе ТЯ обслуживание единицы продукции прерывается, после восстановления ее работоспособности прерванное обслуживание единицы продукции начинается сначала.

Законы распределения времени обслуживания единицы продукции, наработки на отказ и восстановления ячейки полагаются обобщенными Эрланга второго порядка.

Время моделирования принимается 100000 часов, единица модельного времени – 1 сек.

При реализации данной задачи была использована система имитационного моделирования GPSS World Student version 5.2.2.

Было осуществлено 54 эксперимента по имитационной модели и получены значения производительности ТЯ. Исходными данными для моделирования служили математические ожидания времен обслуживания, наработки на отказ и восстановления ТЯ. Предполагалось, что все случайные величины (СВ) распределены по обобщенному закону Эрланга второго порядка, плотность распределения которого имеет вид:

$$f(t) = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} [e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}],$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  – параметры закона, определяемые методом моментов из системы уравнений

$$\begin{cases} \tilde{m} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2} \\ \tilde{D} = \frac{(\lambda_1)^2 + (\lambda_2)^2}{(\lambda_1 \lambda_2)^2} \end{cases}$$

при этом, в связи с недостатком опытных данных (известны только средние значения  $\tilde{m}$ ), дисперсии определялись как минимально возможные при заданных математических ожиданиях и ограничении

$$\frac{\tilde{m}^2}{2} < \tilde{D} < \tilde{m}^2.$$

Полученные результаты сравнивались с результатами аналитического моделирования.

Текст программы, приведенный ниже, снабжен комментариями и дополнительных пояснений не требует.

```
*****
GPSS World File – Имитационная модель ТЯ. Единица модел. времени – 1с
*****

generate ,,1                                ; генерация одного транзакта
// сегмент моделирующий обслуживание продукции технологической
// ячейкой
met1 seize dev1                             ; занятие устройства Dev1
// в следующих 2-х блоках моделируется время обслуживания,
//распределенное по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка
advance (Exponential(1,0,1419.6))
advance (Exponential(1,0,380.4))
release dev1                               ; освобождение устройства Dev1
met2 split 1,met1                          ; создание копии транзакта и
; отправка его на устройство Dev1
terminate                                  ; транзакт покидает модель
// сегмент моделирующий времена наработки на отказ и восстановления
// технологической ячейки
// в следующем блоке моделируется время наработки на отказ,
//распределенное по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка
generate ((Exponential(1,0,8517.7))+(Exponential(1,0,2282.3)))
seize otk1                                 ; занятие устройства Otk1,
; моделирующее отказ ячейки
funavail dev1,re,met2                     ; устройство Dev1 блокируется, а
; занимающая его заявка удаляется
// в следующих 2-х блоках моделируется время восстановления,
//распределенное по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка
advance (Exponential(1,0,851.77))          ;
advance (Exponential(1,0,228.23))          ;
release otk1                              ; освобождение устройства Otk1 –
; выход ячейки из отказа
favail dev1                               ; разблокировка устройства Dev1
```

terminate ; удаление транзакта из модели  
 // сегмент таймера определяющий длительность моделирования (100000 ч)  
 generate 3600000000 ;  
 terminate 1 ;  
 start 1 ; запуск моделирования

Сравнительные результаты имитационного и аналитического моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение результатов аналитического и имитационного моделирования процесса функционирования ТЯ

| $M_{OB}$ | $M_{OT}$ | $M_B$ | $\Pi_{HOB}$ | $\Pi_{OB}$ | $\Pi_{IM}$ | $\partial_{HOB}$ | $\partial_{OB}$ | $(\partial_{HOB} - \partial_{OB})$ |
|----------|----------|-------|-------------|------------|------------|------------------|-----------------|------------------------------------|
| 0,2      | 2        | 0,2   | 4,57        | 4,49       | 4,4        | 0,0372           | 0,020           | 0,017505                           |
|          |          | 0,3   | 4,39        | 4,29       | 4,16       | 0,0524           | 0,0303          | 0,022779                           |
|          |          | 0,4   | 4,22        | 4,12       | 3,93       | 0,0687           | 0,0461          | 0,023697                           |
|          | 4        | 0,2   | 4,77        | 4,73       | 4,7        | 0,0147           | 0,0063          | 0,008386                           |
|          |          | 0,3   | 4,66        | 4,62       | 4,58       | 0,0172           | 0,0087          | 0,008584                           |
|          |          | 0,4   | 4,56        | 4,52       | 4,44       | 0,0263           | 0,0177          | 0,008772                           |
|          | 6        | 0,2   | 4,84        | 4,82       | 4,8        | 0,0083           | 0,0041          | 0,004132                           |
|          |          | 0,3   | 4,77        | 4,74       | 4,72       | 0,0105           | 0,0042          | 0,006289                           |
|          |          | 0,4   | 4,7         | 4,67       | 4,63       | 0,0149           | 0,0086          | 0,006383                           |
| 0,4      | 2        | 0,2   | 2,3         | 2,222      | 2,16       | 0,061            | 0,028           | 0,033913                           |
|          |          | 0,3   | 2,211       | 2,125      | 2,04       | 0,077            | 0,04            | 0,038896                           |
|          |          | 0,4   | 2,129       | 2,036      | 1,92       | 0,098            | 0,057           | 0,043682                           |
|          | 4        | 0,2   | 2,39        | 2,35       | 2,33       | 0,025            | 0,0085          | 0,016736                           |
|          |          | 0,3   | 2,34        | 2,3        | 2,27       | 0,03             | 0,013           | 0,017094                           |
|          |          | 0,4   | 2,29        | 2,25       | 2,21       | 0,035            | 0,0178          | 0,017467                           |
|          | 6        | 0,2   | 2,423       | 2,401      | 2,39       | 0,014            | 0,0046          | 0,00908                            |
|          |          | 0,3   | 2,387       | 2,363      | 2,35       | 0,016            | 0,0055          | 0,010054                           |
|          |          | 0,4   | 2,351       | 2,326      | 2,3        | 0,022            | 0,011           | 0,010634                           |

| $M_{OB}$ | $M_{OT}$ | $M_B$ | $\Pi_{HOB}$ | $\Pi_{OB}$ | $\Pi_{IM}$ | $\partial_{HOB}$ | $\partial_{OB}$ | $(\partial_{HOB} - \partial_{OB})$ |
|----------|----------|-------|-------------|------------|------------|------------------|-----------------|------------------------------------|
| 0,6      | 2        | 0,2   | 1,538       | 1,465      | 1,415      | 0,08             | 0,0341          | 0,047464                           |
|          |          | 0,3   | 1,482       | 1,401      | 1,34       | 0,096            | 0,0435          | 0,054656                           |
|          |          | 0,4   | 1,429       | 1,343      | 1,259      | 0,119            | 0,0625          | 0,060182                           |
|          | 4        | 0,2   | 1,595       | 1,56       | 1,536      | 0,037            | 0,0154          | 0,021944                           |
|          |          | 0,3   | 1,562       | 1,524      | 1,498      | 0,041            | 0,017           | 0,024328                           |
|          |          | 0,4   | 1,53        | 1,489      | 1,454      | 0,05             | 0,0235          | 0,026797                           |
|          | 6        | 0,2   | 1,617       | 1,595      | 1,582      | 0,022            | 0,0082          | 0,013605                           |
|          |          | 0,3   | 1,593       | 1,569      | 1,554      | 0,024            | 0,0096          | 0,015066                           |
|          |          | 0,4   | 1,57        | 1,545      | 1,525      | 0,029            | 0,0129          | 0,015924                           |
| 1        | 2        | 0,2   | 0,927       | 0,861      | 0,821      | 0,0465           | 0,114           | 0,071197                           |
|          |          | 0,3   | 0,895       | 0,824      | 0,779      | 0,0546           | 0,13            | 0,07933                            |
|          |          | 0,4   | 0,864       | 0,789      | 0,736      | 0,067            | 0,148           | 0,086806                           |
|          | 4        | 0,2   | 0,96        | 0,926      | 0,906      | 0,022            | 0,055           | 0,034411                           |
|          |          | 0,3   | 0,94        | 0,904      | 0,88       | 0,0266           | 0,064           | 0,038298                           |
|          |          | 0,4   | 0,922       | 0,884      | 0,856      | 0,0317           | 0,072           | 0,041215                           |
|          | 6        | 0,2   | 0,971       | 0,949      | 0,941      | 0,0084           | 0,031           | 0,022657                           |
|          |          | 0,3   | 0,958       | 0,934      | 0,922      | 0,0128           | 0,038           | 0,025052                           |
|          |          | 0,4   | 0,944       | 0,92       | 0,904      | 0,0174           | 0,042           | 0,025424                           |

Обозначения в таблице 1:

$M_{OB}$  – математическое ожидание времени обслуживания;  $M_{OT}$  – математическое ожидание времени наработки на отказ;  $M_B$  – математическое ожидание времени восстановления;  $\Pi_{HOB}$  – производительность аналитической модели ТЯ с учетом необесценивающих отказов;  $\Pi_{OB}$  – производительность аналитической модели ТЯ с учетом обесценивающих отказов;  $\Pi_{IM}$  – производительность имитационной модели ТЯ с учетом обесценивающих отказов;  $\partial_{OB}$  – относительная погрешность аналитической модели ТЯ с учетом обесценивающих отказов;  $\partial_{HOB}$  – относительная погрешность аналитической модели ТЯ с учетом необесценивающих отказов;  $(\partial_{HOB} - \partial_{OB})$  – разница между относительными погрешностями аналитических моделей.

Средняя относительная погрешность аналитической модели ТЯ

с учетом обесценивающих отказов составила 2,6 %, а необесценивающих – 5,99 %, что показывает целесообразность использования первой.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Королук В.С. Процессы марковского восстановления в задачах надежности систем / В.С. Королук, А.Ф.Турбин. – Киев : Наук. Думка, 1982. – 236 с.
2. Kopp W.Ja. Wydajnosć modulu systemu montazowego z uwzględnieniem jego niezawodności / W.Ja. Kopp, Ju.E. Obrzerin, A.G. Kolbasnikow // Tech-nologia i automatizacja montazu, kwartalnik naukowo-techiczny. - Warszawa, 1996.-Ns2.-С.7-10.
3. Математическая модель функционирования сборочной ячейки при обесценивающих отказах / Ю.Е. Обжерин, В.Я. Копп, А.И. Песчанский // Оптимизация производственных: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2000. №3. – С. 24-32.
4. Копп В.Я. Анализ производительности технологической ячейки с учётом её надежности и различных видов отказов / В.Я. Копп, Ю.Е. Обжерин, И.В. Янчук // Сб.научн. трудов Вестник СевГТУ «Автоматизация процессов и управление», Севастополь: изд-во СевГТУ, 2000. - №27, С.107-113.
5. Анализ производительности гибкой производственной ячейки с различными обесценивающими простоями / В.Я. Копп Ю.Е. Обжерин, М.В. Ольшанская, М.В. Заморёнов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 3(56). – Том1. – Дніпропетровськ, 2008. С.24-32.

И.И. Коваленко, В.И. Передерий, А.В. Швед

## **КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА СЦЕНАРИЕВ**

*В статье изложены основные положения концепции построения информационных технологий, в основе которой лежит системный подход к применению инструментальных методов экспертного анализа и оценивания сценариев.*

*Ключевые слова: информационные технологии, экспертная информация, анализ сценариев*

### **Введение**

В последние годы все большее распространение получают идеи сценарного подхода к решению задач прогнозирования, планирования и управления развитием крупномасштабных объектов типа "предприятие", "отрасль", "регион" и др. [1]. Разработка и анализ сценариев – творческий акт, выполняемый группами (командами) специалистов-профессионалов (аналитиков, экспертов, консультантов и др.), и который является слабоформализуемым и труднопланируемым.

К настоящему времени появилось множество публикаций, посвященных рассмотрению так называемых "инструментальных методов", которые используют специалисты на различных этапах построения и оценивания сценариев. Вместе с этим, число опубликованных результатов исследований, направленных на теоретическое обобщение таких методов (анализ их достоинств и недостатков, систематизация по классам решаемых задач, системного их применения в определенных последовательностях и др.), является явно недостаточным. В работах [3,4] решение данной проблемы рассматривается на описательном уровне в рамках методологии сценарного анализа, под которым понимается "комплекс математических, программных, логических и организационных средств и инструментов для определения последовательного применения отдельных методов, взаимосвязей между ними...".

В связи с этим актуальной является разработка подходов, позволяющих в определенной мере формализовать ряд положений указанной методологии. В дальнейшем изложении будем придерживаться

"информационной" концепции, согласно которой основные экспертные процедуры должны "поддерживаться" соответствующим информационным обеспечением и которое формируется посредством реализации информационных технологий на различных этапах построения и анализа сценариев.

### Постановка задачи

Целью статьи является изложение и формализация основных положений концепции создания информационных технологий, в основе которой лежит системный подход к использованию инструментальных методов экспертного построения и анализа сценариев.

### Изложение основного материала

Один из возможных вариантов технологии экспертного построения и анализа сценариев представлен на рис. 1, где выделены четыре основных этапа, каждому из которых соответствует определенное множество (система) инструментальных методов.

Информационная технология поддержки экспертизы занимает промежуточное место, между указанными методами и экспертами (аналитиками консультантами), и включает в себя следующие процедуры: выделение определенного множества методов необходимых для решения задач на каждом из этапов; анализ методов, в рамках которого решаются задачи их систематизации и сравнения их функциональных возможностей; формирование стратегий выбора методов из заданного их множества на основании определенных критериев. С учетом сказанного, основные составляющие информационной технологии (ИТ) в общем виде можно представить следующим кортежем:

$$ИТ = \langle E, M, B \rangle, \quad (1)$$

где  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ ,  $j=1, \dots, k$  – множество задач подлежащих решению в каждом из этапов построения и анализа сценариев;  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ ,  $i=1, \dots, n$  – множество методов, определяемых для решения каждой из задач;  $B$  – процедура выбора, которую, в свою очередь, можно представить как  $B = \langle M, D, G \rangle$ , где  $D$  – тип задачи выбора, а  $G$  – критерий (функция выбора).

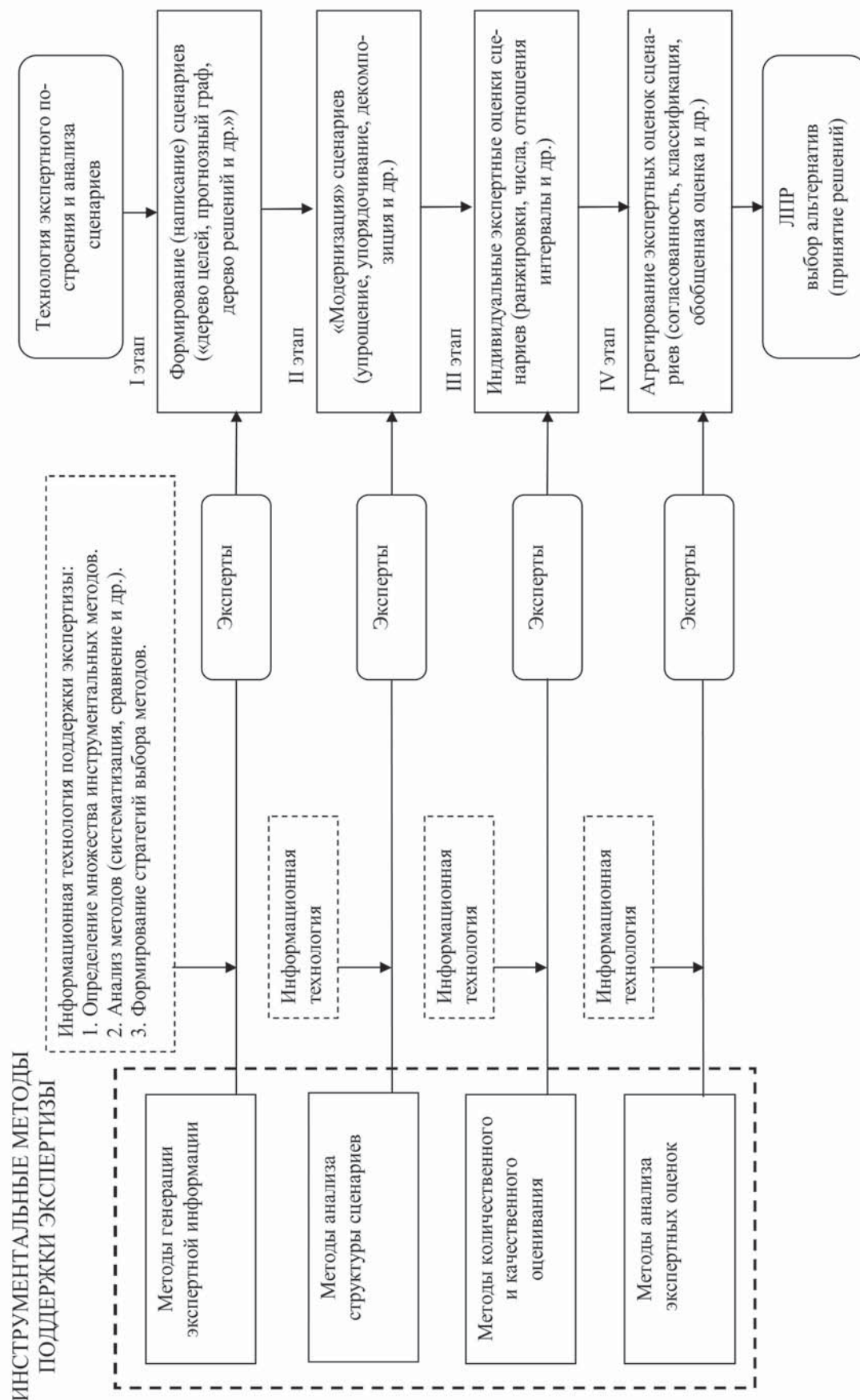


Рисунок 1 – Системная технология экспертного построения и анализа сценариев

Первая задача состоит в ранжировании элементов множества  $\{M\}$  и возникающие при этом бинарные отношения могут характеризоваться линейным или слабым порядком. Вторая задача состоит в выделении из исходного множества  $\{M\}$  некоторого подмножества  $\{M^*\}$  так, что  $\{M^*\} \subseteq \{M\}$ .

### **Информационная технология выбора методов генерации экспертной информации**

Основным назначением таких методов является получение от экспертов, аналитиков, консультантов как можно большего числа фактов, идей, гипотез, подходов и других сведений, относящихся к разрабатываемым сценариям.

В настоящее время существует достаточно обширный набор методов (аналогий, контрольных вопросов, эвристических приемов, морфологический и др.), однако практически отсутствуют рекомендации по их выбору и системному применению в виде определенной логической последовательности. Это связано, прежде всего, с их описательной формой представления, что затрудняет аналитическую формализацию критериев их выбора. В связи с этим перспективным направлением для решения такой задачи видится контент-анализ (от англ. *content* – содержание) формализованный метод выявления частоты появления в тексте определенных смысловых характеристик (слов, категорий слов, объединенных по тому или иному признаку и др.) с последующей их статистической обработкой [6].

В контент-анализе наиболее фундаментальными являются оценки частоты  $f(c, t)$  встречаемости некоторой характеристики  $c$  в тексте  $t$ .

С учетом сказанного, можно сформулировать следующие основные принципы построения информационных технологий выбора методов генерации экспертной информации:

1. Анализ и структуризация исходного текста на составляющие в виде  $T=(T_1, T_2, T_3)$ , где  $T_1$  – содержит формулировки терминов, определений методов, способов, стратегий и др.;  $T_2$  – несет в себе основное описание метода, методики, способа, приема и др.;  $T_3$  – описывает различные рекомендации по применению методов, в том числе и во взаимосвязи с другими.

2. Формирование системы бинарных отношений вида,  $L=<M,R>$ , где  $M=\{M_i\}$  – множество методов, а  $R=\{R_j\}$  – множество отношений между методами, т.е.  $M_iR_kM_j$ .

3. Определение статистической частоты появления элементов  $L$  в анализируемом тексте по следующей формуле:

$$f_L = \frac{\text{vol } T_{(M_iR_kM_j)}}{\text{vol } T}, \quad (2)$$

где  $\text{vol } T$  – общий объем текста;  $\text{vol } T_{(M_iR_kM_j)}$  – объем текста, где появляются бинарные отношения между методами.

Численные значения частоты  $f_L$  и могут быть положены в основу выбора методов, возможные варианты которого даны в таблице.

Таблица

Варианты выбора методов генерации информации

| Метод                                                 | Решаемые задачи                                                               | Дополнительные методы или информационные ресурсы                                |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Аналогий                                              | Поиск прототипа, принципов решения проблем                                    | Информация из архивов, метод контрольных вопросов                               |
| Контрольных вопросов                                  | Поиск путей решения проблем                                                   | —                                                                               |
| Эвристических приемов                                 | Преобразование прототипа, разрешение противоречий                             | Фонды эвристических приемов (индивидуальные, специализированные, межотраслевые) |
| Мозговой атаки (мозговой штурм, синектические методы) | Коллективный поиск идей, решений, предложений, проведение аналогий            | Методы: аналогий, контрольных вопросов, эвристических приемов                   |
| Морфологического анализа                              | Анализ функциональных возможностей, варианты решения, их классификаторы и др. | Метод эвристических приемов                                                     |
| Написание сценариев (дерево целей, прогнозный граф)   | Системное прогнозирование всех аспектов генерации экспертной информации       | Метод морфологического анализа, информация, сгенерированная другими методами    |

### Информационная технология анализа структур сценариев

Под задачами анализа структур сценариев будем понимать задачи их упорядочивания, декомпозиции, упрощения, синтеза и др., которые связаны с динамическими изменениями структур графовых моделей во времени. Совокупность методов описания и изучения таких задач была названа "графодинамикой" [7]. В основе теории графодинамики лежит целочисленная функция  $\varphi(n)$  ( $n$  – номер вершины дерева), получившая название функции подчинения, или, кратко, П-функции, которая удовлетворяет следующим условиям [7]:

1.  $\varphi(n) < n$ , т.е. номер любой вершины всегда больше номера той вершины, которой она «подчинена».

2.  $\varphi(n)$  определена на всех целых  $n$  от 1 до некоторого  $N$ .

3.  $\varphi(n) = 0$  – означает, что вершина графа с номером  $n$  не подчинена ни одной вершине, т.е. данное ограничение характеризует процедуру появления корня (корневой вершины) дерева.

Выполнение определенных операций над функцией  $\varphi(n)$ , позволяет преобразовывать иерархические структуры (например, дерево целей), описываемые деревом или лесом.

В качестве примера, рассмотрим одну из таких операций [7]. Операция «разукрупнения» (декомпозиция) представляется функцией, определяемой следующим образом:

$$\psi(n) = \left[ \frac{\varphi(n)}{k} \right], \quad k > 1, \quad (3)$$

где  $[a]$  – целая часть  $a$ .

Операция (3) как бы делит исходное дерево на несколько частей. На рис.2 задано графическое представление выполнения данной операции, когда исходный бинарный граф-дерево преобразовывается в два более простых дерева. Приведем выкладки, соответствующие такому преобразованию (для  $k=2$  и  $n=11$ ):

$n = 1 : \varphi(n) = 0; \psi(n) = 0$  (вершина 1 является корневой);

$n = 2 : \varphi(n) = 1; \psi(n) = [1/2] = 0$  (вершина 2 является корневой);

$n = 3 : \varphi(n) = 2; \psi(n) = 1$  (вершина 3 подчинена вершине 1, т.е.  $3 < 1$ , где знак « $>$ » или « $<$ » означает порядок отношения);

$n = 4 : \varphi(n) = 3; \psi(n) = [3/2] = 1 \Rightarrow (4 < 1);$

$n = 5 : \varphi(n) = 4; \psi(n) = 2 \Rightarrow (5 < 2);$

$$n = 6 : \varphi(n) = 5; \psi(n) = [5 / 2] = 2 \Rightarrow (6 < 2);$$

$$n = 7 : \varphi(n) = 6; \psi(n) = 3 \Rightarrow (7 < 3);$$

$$n = 8 : \varphi(n) = 7; \psi(n) = [7 / 2] = 3 \Rightarrow (8 < 3);$$

$$n = 9 : \varphi(n) = 8; \psi(n) = 4 \Rightarrow (9 < 4);$$

$$n = 10 : \varphi(n) = 9; \psi(n) = [9 / 2] = 4 \Rightarrow (10 < 4);$$

$$n = 11 : \varphi(n) = 10; \psi(n) = 5 \Rightarrow (11 < 5);$$

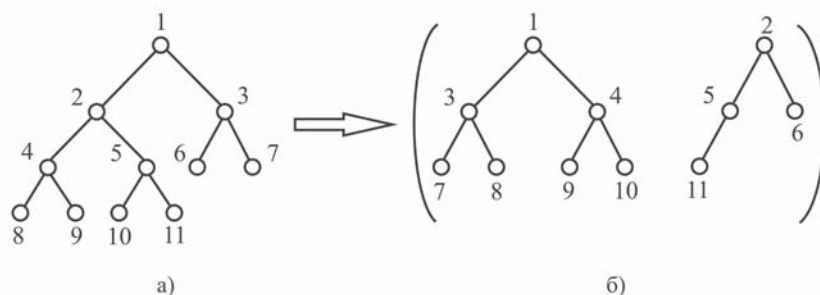


Рисунок 2 – Графическое представление операции «разукрупнение»:

а) исходный граф; б) результат деления исходного графа на два

Анализ функциональных возможностей основных операций, применяемых в графодинамических системах, позволяет выполнить их систематизацию, которая представлена на рис. 3.

### Информационная технология выбора методов количественного оценивания сценариев

Среди методов количественного оценивания сценариев основное место занимают методы математической статистики.

Рассмотрим один из возможных подходов к выбору таких методов, причем в качестве критерия по допустимости будем рассматривать априорные информационные уровни задания функции распределения вероятностей [5]:

1. Задание строгих параметрических моделей распределения вероятностей, описываемых известными законами, дает возможность использования методов параметрической статистики.

2. Задание полной окрестности искаженных параметрических моделей характеризуется наличием ярковыраженных асимметрией и эксцессом, появлением, так называемых "тяжелых хвостов", многомодальностью.

Подобные искажения обязаны своим появлением наличием в исходных данных определенной доли так называемых "засоряющих" значений.

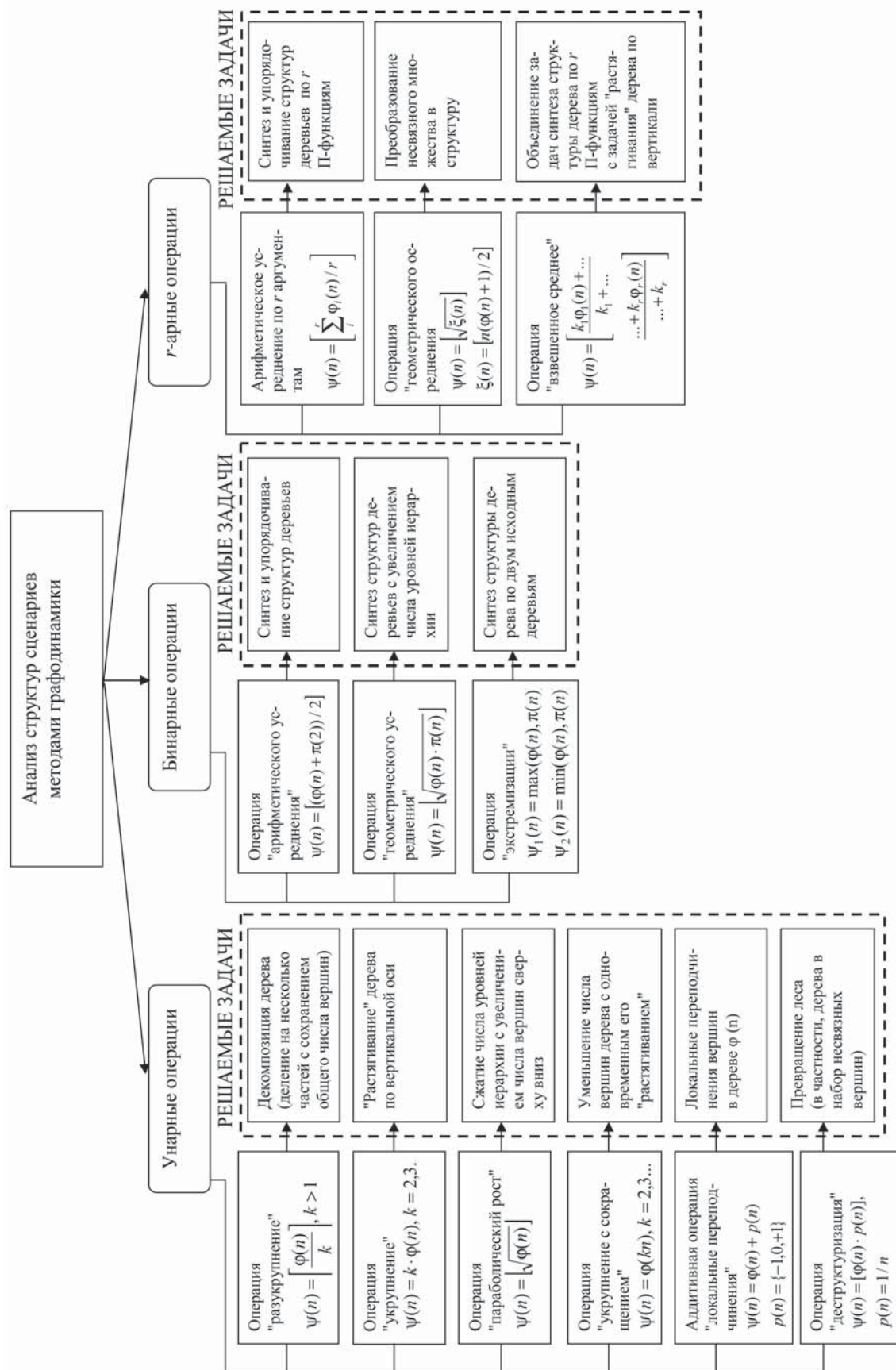


Рисунок 3 Структура информационно-технологии выбора методов графодинамики

Формально такие модели описываются симметричными и несимметричными смесями плотности распределения вероятностей вида:

$$\begin{aligned} F(x) &= (1 - \varepsilon)F_0(x; \overline{x_0}, \sigma_0^2) + \varepsilon F_1(x; \overline{x_1}, \sigma_1^2), & \overline{x_0} &= \overline{x_1}, \\ F(x) &= (1 - \varepsilon)F_0(x; \overline{x_0}, \sigma_0^2) + \varepsilon F_1(x; \overline{x_1}, \sigma_1^2, \theta), & \overline{x_0} &\neq \overline{x_1}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $F_0$  – плотность основного распределения со средним значением  $\overline{x_0}$  и дисперсией  $\sigma_0^2$ ;  $\varepsilon(0 \leq \varepsilon \leq 0.5)$  – доля (удельный вес) "засоряющих" значений (уровень неоднородности), определяющих распределение  $F_1$  с параметрами  $\overline{x_1}$  и  $\sigma_1^2$ ;

$\theta$  – параметр сдвига распределения  $F_1$  относительно  $F_0$  (несимметричная смесь распределений).

В данном случае целесообразно использовать методы робастной статистики с целью получения несмещенных (малосмещенных) и эффективных оценок параметров основного распределения  $F_0$ .

Задание только различий между распределениями вероятностей рассматривается в рамках непараметрической статистики, которая не делает предположений о принадлежности функции распределения тем или иным параметрическим семействам распределений, и ее задачи формулируются в терминах только различий между классами или внутри класса неизвестных распределений. Анализ данных, попадающих под такую характеристику производится при помощи непараметрических методов проверки гипотез.

Рассмотрим одну из задач проверки гипотез, которая получила название задачи согласия. Пусть задано известное распределение  $F(x)$ . Из неизвестного распределения  $F_0(x)$  берется выборка  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и формируются гипотезы:

$$\begin{aligned} \text{нулевая} \quad H_0 : F(x) &= F_0(x); \\ \text{альтернативная} \quad H_1 : F(x) &\neq F_0(x). \end{aligned} \quad (5)$$

Для решения задачи (5) может быть использован строгий непараметрический метод Колмогорова-Смирнова. На рис. 4 представлена структура информационной технологии выбора вероятностно-статистических методов, где  $x(\alpha)$ ,  $x_B(\alpha)$ ,  $x_{med}$  – оценки усеченного среднего, винзорированного среднего и выборочной медианы;  $x_{bs}^1$ ,  $x_{bs}^2$

– бутстреп-оценки на основе процедур "размножения" выборки и "складного ножа";  $As^*$ ,  $Es^*$  – устойчивые аналоги асимметрии и эксцесса;  $x(1/4)$ ,  $x(1/2)$ ,  $x(1/6)$ ,  $x(1/8)$ ,  $x(3/8)$  – оценки усеченного среднего с уровнем усечения  $\alpha=1/4, 1/2, 1/6, 1/8, 3/8$  соответственно.

### **Информационная технология выбора методов качественного оценивания сценариев**

Методы качественного анализа выполняют роль "инструментов", которыми пользуются эксперты (аналитики, консультанты и др.) для выработки своих оценок, в определенных шкалах. В основу построения информационной технологии выбора таких методов может быть положен принцип учета основных типов графовых моделей сценариев, в основе которых лежат иерархические деревья целей, деревья решений, лингвистические деревья и др. (рис. 5).

Это позволяет выбрать и систематизировать три группы методов: методы анализа взаимодействий в иерархиях, методы теории полезности и методы анализа нечеткой информации. Процедура выбора конкретных методов из числа указанных групп должна указывать тип задач оценивания сценариев.

Например, если задача оценивания характеризуется многокритериальностью, и когда в их числе присутствуют критерии качественного характера, то для ее решения может быть использован метод анализа иерархий и его модификации. Данный метод позволяет поставить в соответствие качественным критериям количественные оценки. В случае, когда в распоряжении экспертов имеются критерии, оценки которых меняются в определенном диапазоне, не приближаясь к граничнодопустимым, оценивание альтернативных сценариев целесообразно проводить по нелинейной схеме компромиссов.

При сравнительной оценке сценариев возможна ситуация, когда альтернативы существенно отличаются многими характеристиками (содержанием, способом реализации, областями использования результатов и т.д.), т.е. для сравнения объектов не удастся построить единую систему критериев и применить многокритериальные методы. В этом случае для определения потенциальной эффективности неоднородных альтернатив целесообразно использовать методологию целевого оценивания сценариев.

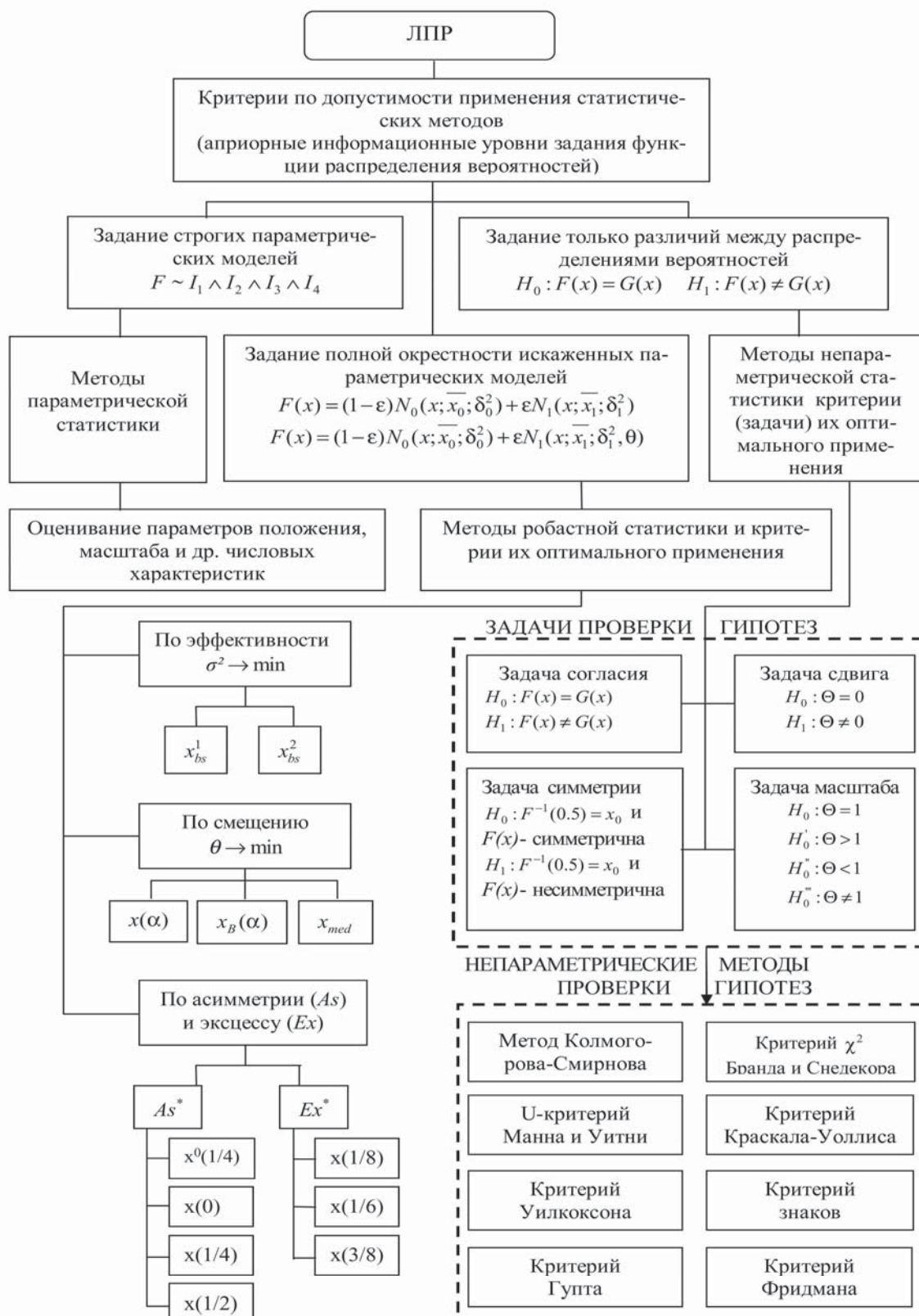


Рисунок 4 – Структура информационной технологии выбора вероятностно-статистических методов

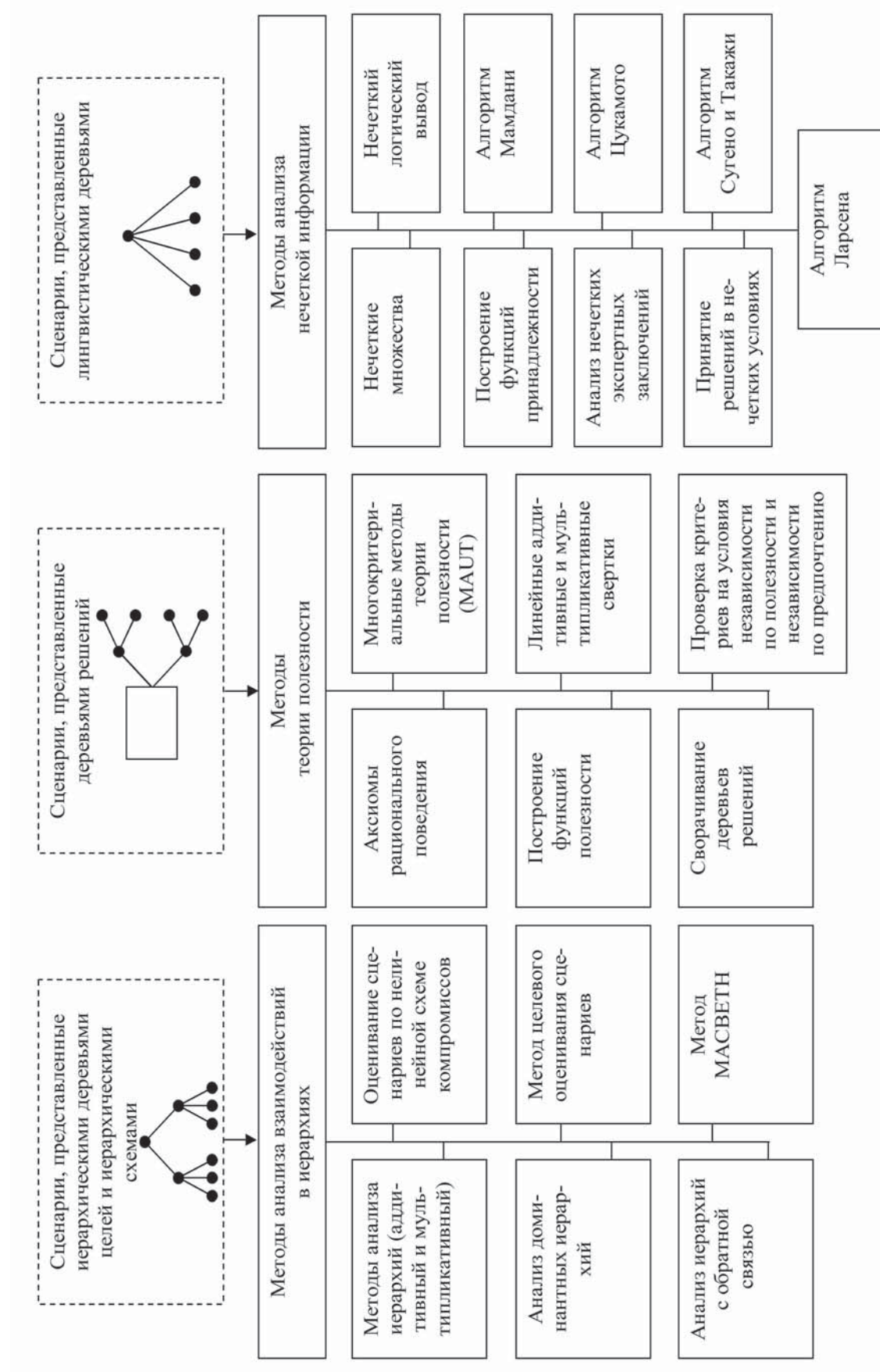


Рисунок 5 – Структура информационной технологии выбора методов качественного оценивания сценариев

### **Информационная технология выбора методов анализа экспертных оценок**

Выделяют три основные задачи нахождения итоговых экспертных оценок [8]:

- проверка согласованности мнений экспертов;
- классификация экспертов, если такой согласованности нет;
- получение обобщенной экспертной оценки внутри согласованной группы.

В настоящее время не существует научно обоснованной классификации методов анализа экспертных оценок, и тем более однозначных рекомендаций по их применению. Тем не менее, исходя из рассмотрения ряда особенностей присущих экспертным процедурам, можно предложить подход к построению информационной технологии. Прежде всего, следует отметить, что первоначально считалось – согласованность экспертных оценок определяется унимодальностью функции плотности распределения определенной параметрической модели, в качестве которой традиционно рассматривался нормальный закон распределения. Однако, появление работы [8] и ряда других, показало, что достаточно сложно, а часто и невозможно обосновать нормальность распределения ответов экспертов.

Основной причиной этого является ограниченность числа экспертов (обычно не более 30), т.е. выборка их оценок является малой, что делает невозможной надежную проверку нормальности экспертных оценок. Отсюда следует, что методы анализа экспертных оценок с применением параметрических статистических моделей не являются надежными.

Вторым фактором, который необходимо учитывать при выборе методов анализа, являются результаты экспертных высказываний, которые могут быть представлены в следующих формах: наименования, числа, условия градации, ранжировки, интервалы, парные сравнения и др. Их учет также позволяет выбрать соответствующий метод анализа экспертных оценок [5]. Изложенные рассуждения структурно представлены на рис. 6.

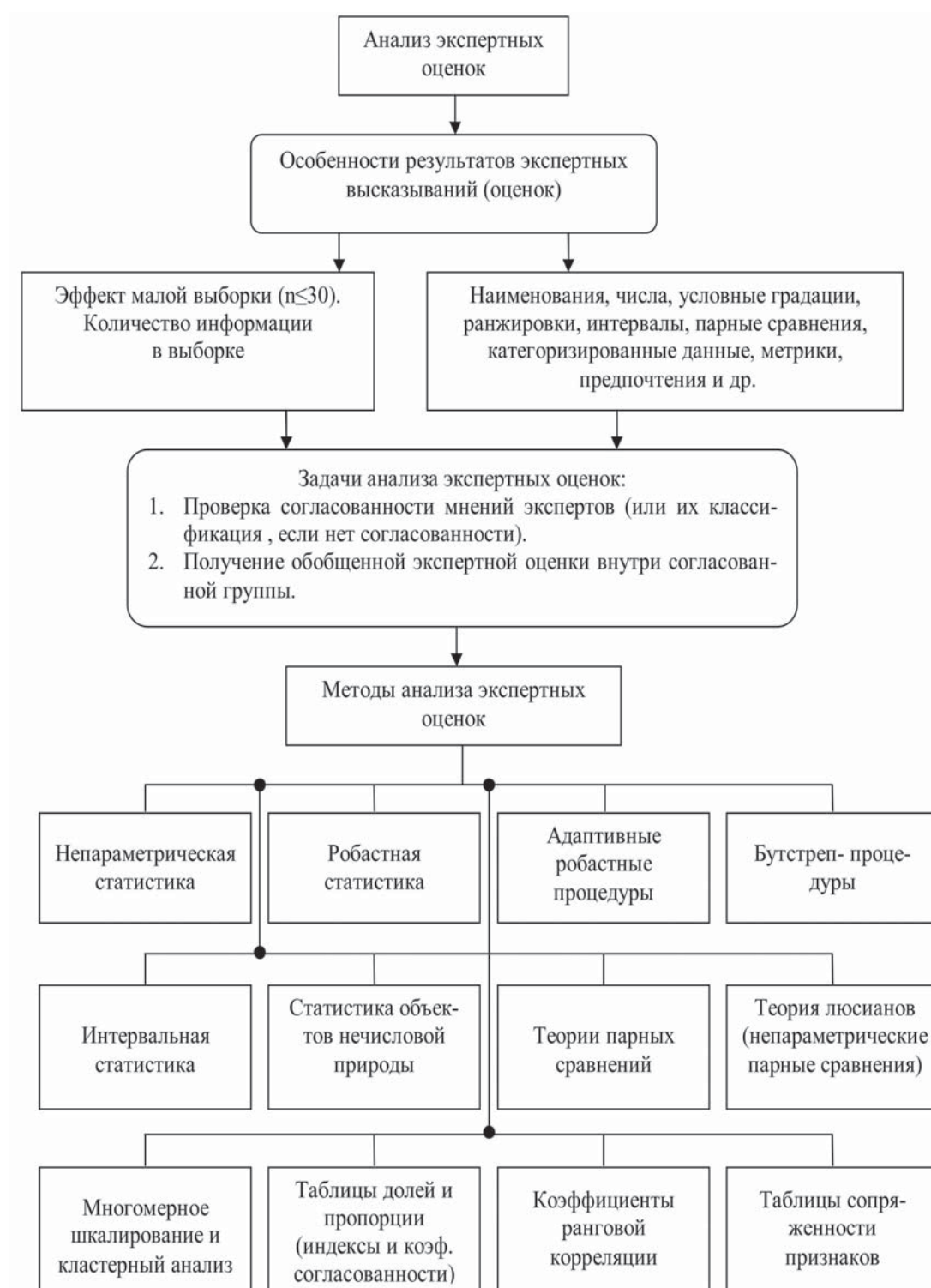


Рисунок 6 – Структура информационной технологии выбора методов анализа экспертных оценок

**Выводы.** В работе с позиций системного подхода изложены основные положения концепции построения информационных технологий экспертного анализа и оценивания сценариев. Выполнены систематизация и теоретическое обобщение широкого спектра инструменталь-

ных методов, выполняющих роль "поддержки" в проведении экспертиз, что позволяет решать задачи их целенаправленного выбора.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Самойленко Л.И. Разработка методологии оценки сценариев в задачах планирования космической деятельности / Самойленко Л.И., Яковлева Л.М., Ильенко Т.В. и др. // Проблемы управления и информатики, 2005, №5, С. 145 – 156 (часть 1); 2005, №6, с. 127 – 134 (часть 2).
2. Губарев В.Ф. Структурная целевая модель космической деятельности в Украине / Губарев В.Ф. Самойленко В.И. Ильенко Т.В. и др. // Космічна наука і технологія, 2005, Т.11 № 314, С.103 – 111.
3. Згуровский М.З. Технологическое предвидение / Згуровский М.З. Панкратова Н.Д. – К.: "Политехніка", 2005. – 156 с.
4. Згуровский М.З. Системна методологія передбачення. – К.: ІВЦ "Политехніка", 2001. – 50 с.
5. Коваленко И.И. Системный подход к выбору статистических методов при генерации и анализе сценариев / Коваленко И.И., Гожий А.П. // Системные технологии, 2006, №5, С. 81 – 87.
6. Дридзе Т.М. Методологические и методические проблемы контент-анализа. – М.: Ин-тут социологии РАН, 2001. – 201 с.
7. Айзерман М.А. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) / Айзерман М.А., Гусев Л.А., Петров С.В., Смирнов И.М // Автоматика и телемеханика, 1977, №7, С. 135 – 151.
8. Орлов А.И. Экспертные оценки // Заводская лаборатория, 1996, т. 62, №1, С. 54 – 60.
9. Коваленко И.И. Анализ подходов к выбору методов обработки экспертных оценок / Коваленко И.И., Пономаренко Т.В.// Труды ХНТУ, 2008, 1(30), С. 45 – 51.

## МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БАЗІ ОНТОЛОГІЙ

*Робота присвячена розробці методики автоматизованої верифікації архітектури програмного забезпечення. Вперше для представлення архітектури програмного забезпечення використовується онтологічний апарат, що дозволяє описувати процес верифікації архітектури в термінах формалізованих мов і застосовувати до нього апарат математичної логіки. Вперше використовується алгоритм перевірки ізоморфізму графів для верифікації.*

*Ключові слова: програмне забезпечення, онтології, архітектура, верифікація, ізоморфізм.*

### Вступ

З підвищенням складності програмного забезпечення постало питання про забезпечення таких його якостей, як надійність, швидкість, відповідність заявленим вимогам, що неможливо без належного рівня організації процесу його проектування.

Для успішної реалізації проекту об'єкт проектування повинен бути перш за все адекватно описаний, тобто повинні бути побудовані повні і несуперечливі моделі архітектури програмного забезпечення, що обумовлює сукупність структурних елементів системи і зв'язків між ними, поведінку елементів системи в процесі їх взаємодії, а також ієрархію підсистем, об'єднуючих структурні елементи. Вибір архітектури задає спосіб реалізації вимог на високому рівні абстракції. Архітектура визначає більшість характеристик якості програмного забезпечення в цілому. Тому етап проектування архітектури є одним з найважливіших етапів життєвого циклу програмного забезпечення.

Проектування архітектури – це опис системи в термінах її складових модулів. При визначенні структури системи необхідно враховувати вимоги до програмного забезпечення, проводячи верифікацію архітектури, тобто узгодження архітектури з вимогами.

Проте сам етап верифікації є слабо формалізованим, тобто не існує формалізованих методів перевірки відповідності спроектованої архітектури усім встановленим вимогам [1].

Існуючі засоби автоматизованого проектування програмного забезпечення охоплюють усі етапи його проектування, включаючи ета-

пи специфікації вимог і проектування архітектури, який зазвичай зводиться до складання UML-діаграм (Unified Modeling Language) вручну і автоматичної генерації каркасного коду. Хоча деякі з цих CASE-засобів (Computer Aided Software Engineering) і пропонують можливість перевірки коректності спроектованої архітектури, тобто відсутності помилок в складених UML-діаграмах, проте жодне з відомих CASE-засобів не здатне проводити верифікацію архітектури, тобто перевірку її узгодженості з вимогами до інформаційної системи. Для верифікації архітектури існує декілька методів, таких як експертиза, статистичний аналіз, синтетичні методи і деякі інші. Проте ці методи є слабо формалізованими і припускають виконання верифікації вручну, що збільшує сумарний час розробки програмного забезпечення, а людський чинник при цьому привносить вірогідність появи помилок.

У зв'язку з цим виникла задача розробки методики автоматизації процесу верифікації архітектури програмного забезпечення для зниження витрат часу на процес розробки архітектури та підвищення якості архітектури, що проектується.

Однією з перспективних технологій представлення інформації, що отримала розвиток в останні десятиліття, є використання онтологій. Мова UML може припускатися неточностей і передбачає в деякій мірі вільний і неформальний опис системи; крім того, існує кілька різних моделей і підходів до опису системи. С. Крейнфільд у своїй роботі [2] визначив один із значних поточних недоліків UML: відсутність формального визначення. Семантику UML визначають метамоделі, деякі додаткові обмеження, які виражаються в напівформальній мові обмежень об'єктів, і описи різних елементів мови звичайною англійською.

У структурі даних, що представляють онтології, типи понять, що використовуються, та обмеження на їх використання заявлено декларативно, явно і з використанням формальної мови [3]. Формальне уявлення передбачає, що онтологія повинна бути такою, щоб її могла обробляти машина. Однак, онтологія не є «активною» та не може бути виконаною як програма. Вона декларативно представляє деякі знання, які будуть використовуватися у програмі.

Таким чином, використання онтологій дозволяє описувати процес верифікації архітектури в термінах формалізованих мов і застосовувати до нього апарат математичної логіки [4].

Загальну схему розробленої методики наведено на рис. 1.

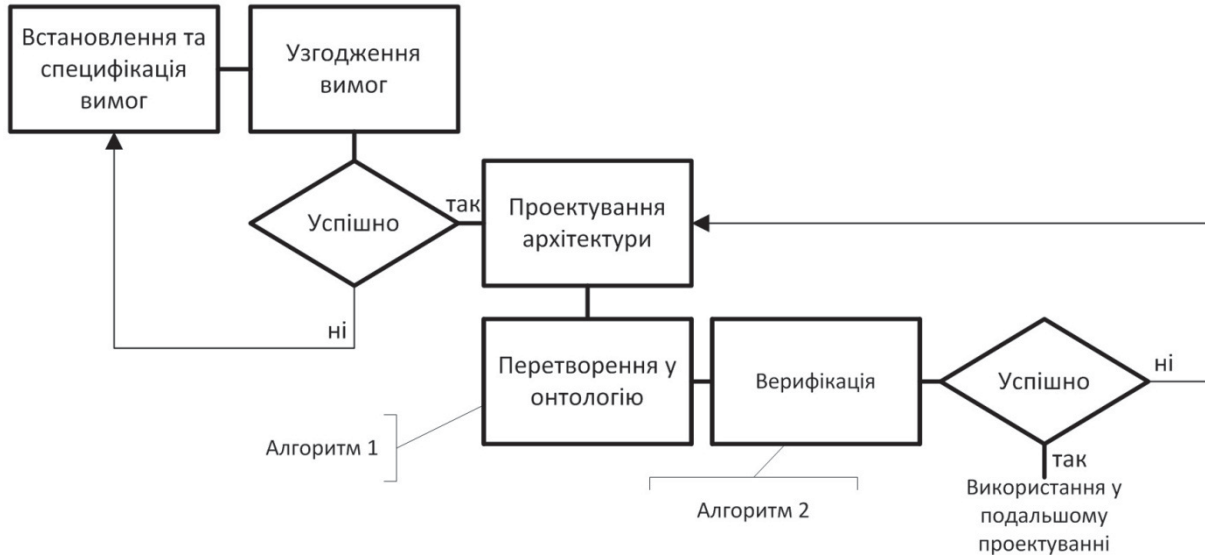


Рисунок 1 – Загальна схема методики

Методика полягає у:

1. Використанні вимог, описаних в термінах формалізованої мови, тобто представлених у вигляді узгоджених онтологій, таких що не містять протиріч, неточних, неясних вимог або вимог, що дублюються.
2. Представленні архітектури програмного забезпечення у вигляді онтологічної моделі.
3. Перевірці проміжного варіанту архітектури, представленого у вигляді онтологічної моделі та запропонованого проектантами, на відповідність вимогам, що пред'являються до системи.
4. Поверненні архітектури на доробку проектантам у разі необхідності.

У даній методиці використовуються два алгоритми: алгоритм перетворення діаграм UML, що описують архітектуру програмного забезпечення, в онтологію; та алгоритм верифікації архітектури.

#### Алгоритм перетворення архітектури в онтологію

Незалежно від того, являється або не являється інформаційна система Веб-застосунком, представлення його структури у вигляді онтології еквівалентно представленню її у вигляді діаграми класів UML.

Відмінність в тому, що онтології використовують модель орієнтованого поміченого графа для опису схеми.

Діаграма класів UML також може бути представлена у вигляді орієнтованого поміченого графа. Якщо орієнтований помічений граф використовується для моделі діаграми класів UML, то можна показати, що орієнтований помічений граф OWL-схеми (Web Ontology Language) буде ізоморфний підграфові орієнтованого поміченого графа діаграми класів UML. Це можливо завдяки прямому зіставленню конструкціям OWL елементів UML-діаграм класів [5].

Наведемо основні три кроки алгоритму:

1. Для кожного класу
2. Створити опис класу
3. Зробити посилання на підкласи
4. Описати атрибути класу
5. Для кожного підкласу
6. Створити опис підкласу
7. Описати атрибути класу
8. Для кожного зв'язку між класами
9. Описати тип зв'язку
10. Зробити посилання на класи-учасники зв'язку

Алгоритм було програмно реалізовано; в основу програмної реалізації лягла технологія XSL-трансформації документів XML.

### **Алгоритм верифікації архітектури**

В рамках методики було розроблено також алгоритм верифікації архітектури програмного забезпечення. Відомо, що онтології (OWL) використовують модель орієнтованого поміченого графа для опису схеми. Таким чином, одне з можливих рішень проблеми перевірки узгодженості онтології вимог та онтології архітектури програмного забезпечення (тобто її верифікації) зводиться до визначення ізоморфності орієнтованого поміченого графа OWL-схеми архітектури програмного забезпечення підграфу орієнтованого поміченого графа OWL-схеми вимог до програмного забезпечення.

Тут під ізоморфністю будемо розуміти таке взаємно-однозначне відображення  $f: V_1 \rightarrow V_2$  між множинами вершин-графів  $(V_1, E_1)$  і  $(V_2, E_2)$ , що ребро одного графу переводиться у ребро другого та навпаки:

$$\forall u, v \in V_1 \ (u, v) \in E_1 \Leftrightarrow (f(u), f(v)) \in E_2$$

Для визначення ізоморфності графів було прийнято рішення використовувати алгоритм послідовного накладення з поверненням [5]. Суть алгоритму полягає в послідовному накладенні (встановленні відповідності) вершин графа  $A$  на вершини графа  $B$  таким чином, щоб формовані підмножини вершин в одному і іншому графах мали однакові відносини суміжності. Таким чином, в  $A$  і  $B$  будується загальний, з точністю до ізоморфізму, підграф, число вершин у якому на кожному кроці збільшується. При цьому, якщо на черговому кроці ніяка з решти вершин графа  $B$  не підходить для включення до вибраної підмножини, робиться крок назад і виконується спроба замінити останню вершину з включених у вказаній підмножині на іншу (рис. 2). Алгоритм завершується, якщо формується підмножина, що покриває всі вершини графа (з видачею результату "ТАК"), або при вичерпанні всіх можливих варіантів накладення (з видачею результату "НІ").

Тут важливо зауважити, що хоча онтологію можна графічно зобразити у вигляді графа, фактично графом вона не є. Тому, для того, щоб застосовувати до неї алгоритм визначення ізоморфізму, онтологію потрібно спершу перетворити в граф. Консорціумом W3C були визначені правила [6], за якими онтологію, представлену на мові OWL, можна привести до дводольного RDF графу.

На даний момент розроблений алгоритм не здатний виявити всі помилки і неточності, яких що можуть зустрітися при спробі порівняти два графа. Тому, невдале завершення алгоритму виробляється при знаходженні однієї проблеми, з виведенням тих вузлів графів, на яких була виявлена помилка.

Експериментальне дослідження алгоритму виявило його істотний недолік: при малому або навпаки великому відносному реберному заповненні час роботи алгоритму зростає на багато разів (на кілька порядків). На рис. 3 показано залежність середнього часу роботи алгоритму від відносного реберного заповнення для графів з кількістю вершин  $n = 50$ . У [7] вказується, що в найгіршому випадку, такого роду алгоритм може вимагати виконання порядку  $O(n!)$  операцій.



Рисунок 2 – Алгоритм перевірки ізоморфізму

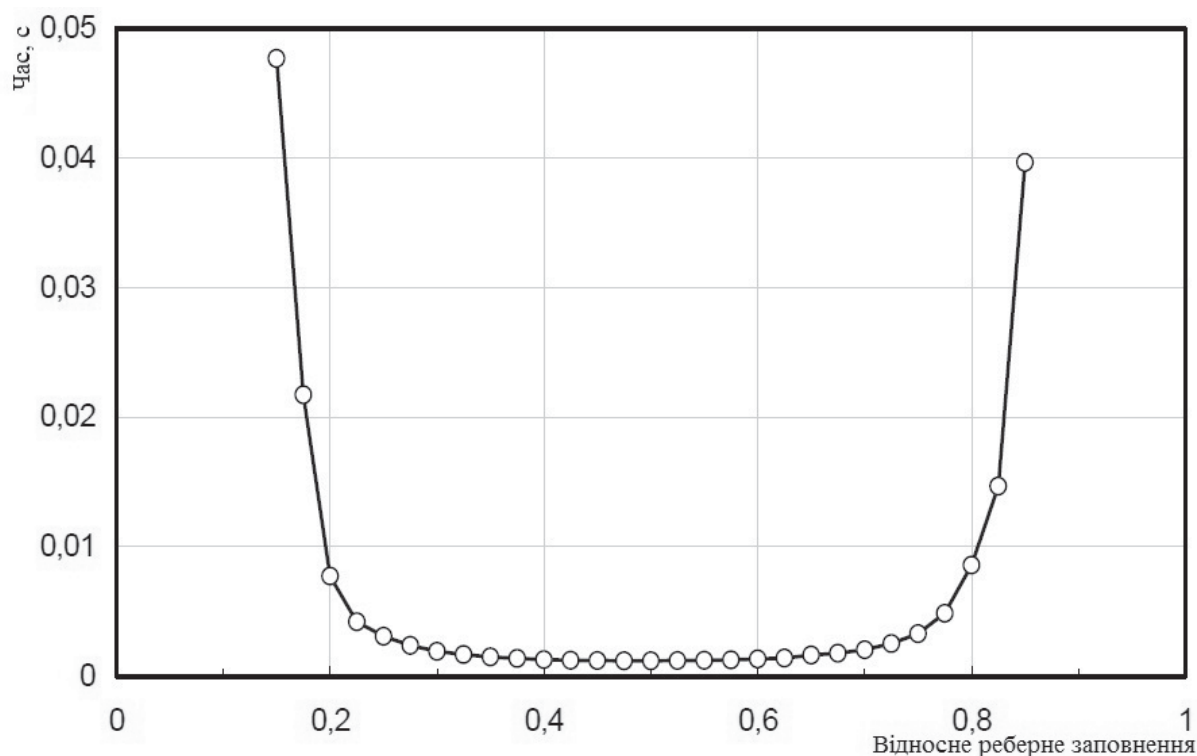


Рисунок 3 – Залежність середнього часу роботи алгоритму від реберного заповнення графів

Слід відмітити, що час роботи алгоритму слабо залежить від того, чи є надані графи ізоморфними.

Окремою проблемою є інтерпретація вихідних даних. У даному випадку алгоритм зупиняється на тому етапі, коли подальші спроби визначити ізоморфізм більше не приносять результатів, з подальшою

видачею того вузла графа, на якому сталася зупинка. Іншими словами, алгоритм працює до першого збою. Таким чином, виникає необхідність запускати алгоритм безліч разів, щоразу визначаючи лише одну проблемну ситуацію.

Очевидно, що верифікація тут є ітеративним процесом. При виявленні помилок або неузгодженостей, архітектура виправлятиметься людиною у вказаному місці, після чого процес верифікації запускатиметься наново. Якщо при верифікації не було виявлено помилок, можна з великою часткою вірогідності стверджувати, що була спроектована коректна архітектура, що реалізовує усі пред'явлені вимоги.

### Висновки

Проектування архітектури є важливим етапом розробки програмного забезпечення. Оскільки архітектура безпосередньо залежить від вимог і повинна реалізувати їх, необхідно проводити її верифікацію.

У зв'язку з цим було розроблено методику автоматизації процесу верифікації архітектури програмного забезпечення на базі онтологій. В рамках цієї методики було розроблено алгоритм перетворення архітектури програмного забезпечення в онтологічну модель, а також алгоритм верифікації архітектури програмного забезпечення.

У ході експериментального дослідження було виявлено, що методика повністю вирішає поставлені перед нею задачі, а при порівнянні з іншими аналогічними системами не тільки показала себе на одному з ними рівні, але й перевищила показники деяких з них. Зокрема, у порівнянні з однією з кращих аналогічних методик час на верифікацію знизився на 4%.

Недоліком цієї методики є залежність від наданої онтології вимог і від якості їх узгодження.

Переваги цієї методики :

1. підсумкове зниження тимчасових витрат за рахунок машинного аналізу архітектури;
2. можливість отримання гарантовано коректної і узгодженої архітектури;
3. використання онтологій для представлення архітектури системи, що, за наявності апарату їх формального аналізу, дозволить виявити конфлікти у разі ітеративного процесу розробки програмного забезпечення.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Clements, P. Evaluating Software Architectures: Methods and Case Studies [текст] / P. Clements, R. Kazman, M. Klein // Addison-Wesley Professional, January 2002.
2. Cranefield, S. “Networked knowledge representation and exchange using UML and RDF” [текст] / Journal of Digital Information, vol. 1, no. 8, article no. 44, 2001-02-15.
3. Cranefield, S. “UML and the Semantic Web” [текст] / Proceedings of the Semantic Web Working Symposium, Stanford University, CA, pp. 113–130.
4. Akerman, A. Using ontology to support development of software architectures [текст] / A. Akerman, J. Tyree // IBM Syst, J. 45, 4 (2006), 813-825.
5. ISO/TC 211/WG 7/PT 19150. Report from Project 19150 Geographic information - Ontology meeting in Molde [текст], Norway, May 28-29, 2009.
6. P. F. Patel-Schneider, P. Hayes, I. Horrocks (eds.). OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax. W3C Recommendation 10 February 2004.
7. Рейнгольд Э, Нівергельт Ю, Део Н. Комбінаторні алгоритми. Теорія й практка.-М.: Мир, 1980.- 476 с.

## ВИКОРИСТАННЯ АФІННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В ШИФРУВАННІ І ДЕШИФРУВАННІ ДВОХ ЗОБРАЖЕНЬ

*Робота присвячена модифікації алгоритму шифрування RSA на випадок шифрування та дешифрування одночасно двох зображень. Основним базисом модифікації є використання афінних перетворень та піксельних наборів двох зображень однакової розмірності. Розвитком запропонованої модифікації є додаткова можливість зашумлення, що дає можливість покращити криптографічну стійкість від несанкціонованого доступу.*

*Ключові слова: криптографія, зображення, шифрування, дешифрування, афінні перетворення, зашумлення зображення.*

### Вступ

Криптографія (від грецького *kryptys* — прихований і *grbphein* — писати) — наука про математичні методи забезпечення конфіденційності (неможливості прочитання інформації стороннім) і автентичності (цілісності і справжності авторства) інформації. Розвинулась з практичної потреби передавати важливі відомості найнадійнішим чином. Для математичного аналізу криптографія використовує інструментарій абстрактної алгебри.

Для сучасної криптографії характерне використання відкритих алгоритмів шифрування, що допускають використання обчислювальних засобів. Відомо більш десятка перевірених алгоритмів шифрування, які, при використанні ключа достатньої довжини і коректної реалізації алгоритму, роблять шифрований текст недоступним для криптоаналізу. До таких алгоритмів відносять Twofish, IDEA, RC4 та ін [1].

Широкі академічні дослідження криптографії з'явилися порівняно нещодавно — починаючи з середини 70-х, разом із появою відкритої специфікації стандарту DES (Data Encryption Standard) Національного Бюро Стандартів США (National Bureau of Standards, NBS), публікацій Діффі-Хелмана та публікації алгоритму RSA. Відтоді, криптографія перетворилась на загальнопоширений інструмент для передавання даних в комп'ютерних мережах та захисту інформації загалом. Сучасний рівень безпеки багатьох криптографічних методів базується на складності деяких обчислювальних задач, таких як розклад цілих чисел, або проблеми з дискретними логарифмами. В бага-

© Ковальчук А.М., Навитка М.Л., Пелешко Д.Д., 2010

тьох випадках, існують докази безпечності криптографічних методів лише за умови неможливості ефективного розв'язання певної обчислювальної задачі. Тут окремим винятком є шифрування за схемою одноразових блокнотів.

У багатьох країнах прийнято національні стандарти шифрування. У 2001 році в США прийнятий стандарт симетричного шифрування AES на основі алгоритму Rijndael з довжинами ключів 128, 192 і 256 біт. Алгоритм AES прийшов на зміну колишньому алгоритмові DES, який тепер рекомендовано використовувати тільки в режимі Triple-DES (3DES).

RSA — криптографічна система з відкритим ключем. RSA став першим алгоритмом такого типу, придатним і для шифрування і для цифрового підпису. Алгоритм використовується у великій кількості криптографічних додатків. Безпека алгоритму RSA побудована на принципі складності факторизації. Алгоритм використовує два ключі - відкритий і закритий

По відношенню до зображення існують певні проблеми його шифрування, а саме частково зберігаються контури на різко флуктуаційних зображеннях [3, 4]. Однією з причин, через що контури залишаються в зображенні, наприклад, при шифруванні в системі RSA, є та, що шифрування тут базується на піднесенні до степеня по модулю деякого натурального числа. При цьому, на контурі і на сусідніх до контура пікселях піднесення до степеня значення яскравостей дає ще більший розрив. Тому актуальною завданням є така модифікація алгоритму RSA, яка б дозволила його використовувати стосовно зображень.

### Постановка задачі

Нехай задано прямокутне зображення  $P$  ширини  $l$  і висоти  $h$ . Його можна розглядати як матрицю пікселів [2]

$$\langle dtp_{i,j} \rangle_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m} \quad (1)$$

де  $dtp_{i,j}$  — піксел з координатами  $i$  та  $j$ , а  $n$  і  $m$  — число пікселів по ширині  $l$  та висоті  $h$ . В загальному випадку  $n$  і  $m$  є залежними від  $l$  та  $h$ , а тому більш коректним є запис

$$n = n(l), m = m(h). \quad (2)$$

Матриці (1) у відповідність ставиться матриця кольорів (інтенсивностей)

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{1,1} & \dots & c_{1,m} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{n,1} & \dots & c_{n,m} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де  $c_{i,j}$  – значення інтенсивності у напівтонових зображень піксела  $\text{dtp}_{i,j}$ . Тобто має місце відповідність

$$P = \mathbf{P}_{l,h} = [\text{dtp}_{i,j}]_{1 \leq i \leq n(l), 1 \leq j \leq m(h)} \rightarrow \mathbf{C}_{\mathbf{P}_{l,h}} = [c_{i,j}]_{1 \leq i \leq n(l), 1 \leq j \leq m(h)} \quad (4)$$

У випадку кольорових зображень  $c_{i,j}$  треба розглядати як вектор основних характеристик кольорової палітри. Наприклад якщо задано зображення у 24-бітному форматі палітри RGB, то

$$\mathbf{c}_{i,j} = \{c_{i,j}^R, c_{i,j}^G, c_{i,j}^B\},$$

де  $c_{i,j}^R, c_{i,j}^G, c_{i,j}^B$  – значення червоного, зеленого та синього кольорів піксела  $\text{dtp}_{i,j}$  відповідно. Тоді наведений нижче алгоритм треба застосувати до кожної характеристики окремо.

Уникнути збереження контурів при шифруванні зображення можна, шифруючи одночасно два зображення. Тоді математично завдання модифікації алгоритму шифрування RSA полягає у побудові перетворення вихідних зображень  $\mathbf{C}_{\mathbf{P}_{1,h}}$  та  $\mathbf{C}_{\mathbf{P}_{2,l,h}}$

$$\begin{cases} \mathbf{C}_{\mathbf{P}_{1,h}} = [c_{i,j}]_{1 \leq i \leq n(l), 1 \leq j \leq m(h)} \\ \mathbf{C}_{\mathbf{P}_{2,l,h}} = [c_{i,j}]_{1 \leq i \leq n(l), 1 \leq j \leq m(h)} \end{cases} \rightarrow \mathbf{C}'_{\mathbf{P}_{l,h}} = [c'_{i,j}]_{1 \leq i \leq n(l), 1 \leq j \leq m(h)}.$$

так, щоб на  $\mathbf{C}'_{\mathbf{P}_{l,h}}$  не проступали контури  $\mathbf{C}_{\mathbf{P}_{1,h}}$  та  $\mathbf{C}_{\mathbf{P}_{2,l,h}}$ .

**Шифрування.** Нехай  $\mathbf{C}_1$  і  $\mathbf{C}_2$  – матриці інтенсивностей двох зображень однакової розмірності. Нехай  $p$  і  $q$  пара довільних простих чисел. Виберемо числа

$$N = pq, \varphi(N) = (p-1)(q-1), ed \equiv 1 \pmod{\varphi(N)}, \quad (5)$$

Шифрування здійснюється з використанням елементів рядків за наступною схемою:

з кожного рядка матриці зображення  $\mathbf{C}_1$  вибирається значення інтенсивності кольору  $x_i \in \mathbf{C}_1$ , а з кожного рядка матриці зображення

$C_2$  вибирається значення інтенсивності кольору  $y_i \in C_2$  і обчислюються наступні дві величини

$$\begin{cases} u_{i-1} = A_i x_{i-1} + B_i y_{i-1}; \\ v_{i-1} = C_i x_{i-1} + D_i y_{i-1}, \end{cases} \quad (6)$$

де  $A_i D_i - C_i B_i \neq 0$

$$\begin{cases} A_i \equiv A_0^i \pmod{N}, B_i \equiv B_0^i \pmod{N}; \\ C_i \equiv C_0^i \pmod{N}, D_i \equiv D_0^i \pmod{N}, \end{cases} \quad (7)$$

Тут  $A_0 = q$ ,  $B_0 = p$ ,  $C_0 = e$ ,  $D_0 = d$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $n$  - число пікселів в кожному рядку.

Величини  $u_i v_i$ , отримані з (6), записуються у два послідовні рядки зашифрованого зображення, кожне значення в один рядок.

**Дешифрування.** Умовою можливості дешифрування є виконання умови  $A_i D_i - C_i B_i \neq 0$ . Тоді

$$x_{i-1} = \frac{D_i u_{i-1} - B_i v_{i-1}}{A_i D_i - C_i B_i}; \quad y_{i-1} = \frac{A_i u_{i-1} - C_i v_{i-1}}{A_i D_i - C_i B_i}.$$

Результати наведені на Рисунок1 – Рисунок5.



Рисунок 1 – Перше початкове зображення



Рисунок 2 – Друге початкове зображення



Рисунок 3 – Зашифровані зображення



Рисунок 4 – Перше дешифроване зображення



Рисунок 5 – Друге дешифроване зображення

**Шифрування і дешифрування з додатковим зашумленням.** Шифрування здійснюється з використанням елементів рядків за наступною схемою: з кожного рядка матриці зображення  $C_1$  вибирається значення інтенсивності кольору , а з кожного рядка матриці зображення  $C_2$  вибирається значення інтенсивності кольору і обчислюються наступні дві величини

$$\begin{cases} u_{i-1} = A_i x_{i-1} + B_i y_{i-1} + f_{i-1}; \\ v_{i-1} = C_i x_{i-1} + D_i y_{i-1} + g_{i-1}, \end{cases}$$

де  $A_i \ D_i - C_i \ B_i \neq 0$  визначаються за (7)

Умовою можливості дешифрування є виконання умови  $A_i \ D_i - C_i \ B_i \neq 0$ . Тоді

$$x_{i-1} = \frac{D_i(u_{i-1} - f_{i-1}) - B_i(v_{i-1} - g_{i-1})}{A_i D_i - C_i B_i};$$

$$y_{i-1} = \frac{A_i(u_{i-1} - f_{i-1}) - C_i(v_{i-1} - g_{i-1})}{A_i D_i - C_i B_i}.$$

Результати наведені на Рисунок4 – Рисунок6.



Рисунок 6 – Перше початкове зображення

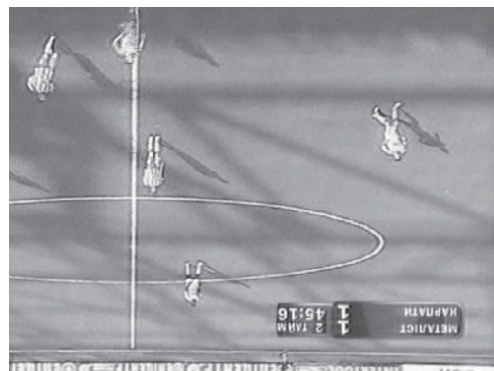


Рисунок 7 – Друге початкове зображення



Рисунок 8 – Зашифровані зображення.

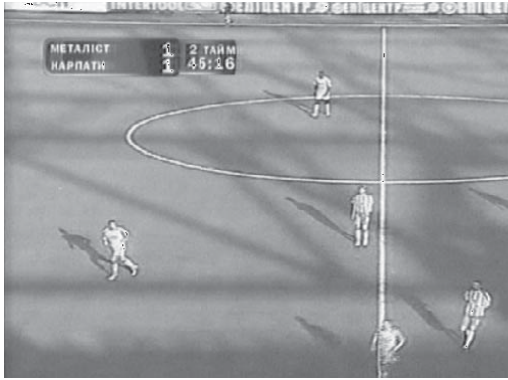


Рисунок 9 – Перше дешифроване зображення

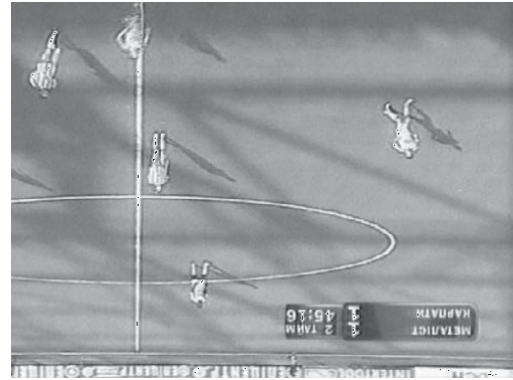


Рисунок 10 – Друге дешифроване зображення

### Висновок

З порівняння Рис.2 і Рис.5 видно, що шифрування по одному рядку матриці зображення відрізняється від шифрування по трьох рядках цієї матриці. Контури в обох зашифрованих зображеннях відсутні. Вказаний алгоритм може бути використаний при передачі графічних зображень. Запропоновані модифікації можуть бути використані стосовно будь-якого типу зображень, але найбільші переваги досягаються у випадку використання зображень, які дозволяють чітко виділяти контури.

Обидва типи модифікацій без жодних застережень можна використати і стосовно кольорових зображень. Однак, незалежно від типу зображення, пропорційно до розмірності вхідного зображення, може зрости розмір шифрованого зображення.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Брюс Шнайер. Прикладная криптография. – М.: Триумф, 2003. – 815с.
2. Б.Яне. Цифровая обработка изображений. – Москва, Техносфера, 2007.- 583с.
3. Ю.М. Рашкевич, Д.Д. Пелешко, А.М. Ковальчук, М.З. Пелешко. Модифікація алгоритму RSA для деяких класів зображень. Технічні вісті 2008/1(27), 2(28). С. 59 – 62.
4. Y.Rashkevych, A.Kovalchuk, D.Peleshko, M.Kupchak. Stream Modification of RSA Algorithm For Image Coding with precise contour extraction. Proceedings of the X-th International Conference CADSM 2009. 24-28 February 2009, Lviv-Polyana, Ukraine, Pp. 469-473

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКОЙ ФОРМОЙ КОАГУЛОПАТИИ И ТРОМБОЦИТОПАТИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

*В работе рассмотрен алгоритм предварительной диагностики на основе Байесовского подхода, методов экспертных оценок и парных сравнений для получения оперативной подсказки о диагнозе заболеваний легкой формой коагулопатии и тромбоцитопатии (КиТ). Отличительной особенностью алгоритма является то, что геморрагические признаки используются в качестве экспертов, «голосующих» за тот или иной диагноз в соответствии с относительной частотой, с которой они были обнаружены у больных легкой формой КиТ. Для статистического обоснования предпочтительности диагноза используются коэффициент конкордации Кендалла, критерий Пирсона и результат парного сравнения. Примеры использования полученных таблиц демонстрируют результат диагностики.*

*Ключевые слова: диагностика заболеваний, коагулопатия, тромбоцитопатия, алгоритм, коэффициент конкордации Кендалла, критерий Пирсона, результат парного сравнения*

### Введение

Данная работа посвящена созданию автоматизированной технологии для улучшения качества диагностики заболеваний легкой формой коагулопатии и тромбоцитопатии (КиТ). Решение задач, которые возникают при диагностике заболеваний, невозможно без использования методов статистического распознавания в тех случаях, когда множества значений каждого из признаков, соответствующие различным диагнозам пересекаются. При построении диагностической системы решается задача классификации совокупностей признаков, присущих больным с заранее известными диагнозами. Распознавание реализуется через процедуру отнесения нового пациента к одному из диагнозов в зависимости от значений дискриминирующих показателей.

### Материал и методы

Экспертами данной предметной области выделены следующие девятнадцать геморрагических признаков: 1 – ювенальное маточное кровотечение (ЮМК); 2 – дисфункциональное маточное кровотечение

(ДМК); 3 – носовое кровотечение (НК); 4 – кровоточивость десен (КД); 5 – кровотечение после экстракции зубов (КПЭЗ); 6 – интра и послеоперационное кровотечение (ПОК); 7 – послетравматическая гематома (ПТГ); 8 – кровотечение из поверхностных ран (КПР); 9 – продолжительное не заживление ран; 10 – послетравматический гемартроз; 11 – послеинъекционная гематома; 12 – кровотечение из-за травмы уздечка языка; 13 – желудочно-кишечное кровотечение; 14 – паховая гематома; 15 – кровотечение при прорезывании зубов; 16 – кефалогематома при рождении; 17 – почечное кровотечение; 18 – послеродовое кровотечение (ПРК); 19 – геморрагический инсульт (ГИ).

Таблицы 1-3 данных содержат относительные частоты  $p$  встречаемости признаков у больных в группах разного объема  $N$  при заболеваниях легкой формой КиТ. Множество исследуемых диагнозов  $\Omega$  составляют: болезнь Виллебранда (БВ), дезагрегационная тромбоцитопатия (ДТ), коагулопатия (КП) и комбинированная патология системы гемостаза (КПСГ). Каждый из четырех диагнозов был установлен пациентам в клинической лаборатории при использовании дорогостоящих реактивов. Геморрагические признаки имеют дискретный характер: наличие (+1) и отсутствие (-1) кровотечения. В таблице 4 также присутствует 0, что означает: у пациентов не было экстракции зубов, не проводились операции или не было родов.

В данной работе мы предлагаем метод диагностики на основе Байесовского подхода, методов экспертных оценок и парных сравнений. Байесовский подход используется потому, что исходные данные представляют собой таблицы априорных частот признаков в различных срезах (возрастных, половых, диагностических) и решение принимается по максимуму критерия на основе преобразования этих частот. Хотя исходные данные представлены в интервальной шкале, медицинские измерения, по сути, являются выполненными в шкале порядков, т. к. проявленные особенности больных меняются в зависимости от разных условий. Связи между геморрагическими проявлениями имеют не функциональный, а статистический характер. Анализ данных таблицы 4 выявил наличие пересекающихся множеств признаков с одинаковыми значениями, характеризующих различные диагнозы, а также «двойников», т.е. людей с совпадающими значениями одинаковых наборов признаков, различающихся только диагнозами. Вполне естественно, что «двойников» никакой классифика-

тор диагнозов разделить не может и множества больных с совпадающими наборами признаков должны быть обособлены и дополнительно исследованы. Насколько полон набор из девятнадцати признаков для однозначного определения указанных диагнозов в данной работе не обсуждается.

Для создания «советчика врача» был выбран метод, применяющийся обычно именно для подготовки информации лицу, принимающему решение, который допускает зависимость между признаками, как это имеет место в методе экспертных оценок [1]. Метод экспертных оценок основан на прямом ранжировании [2], который для обоснования принятия решения использует статистический критерий проверки согласованности. Относительные частоты легко интерпретируются, как ранги. На основе ранговых коэффициентов можно ответить на вопрос: следует ли принять гипотезу  $H_0$  об отсутствии различий и «согласованы» ли эксперты в своем решении относительно диагноза? Но не дается ответ на вопрос, какого именно диагноза?

Недостаток вышеуказанного метода анализа ранжировок устраняет метод парных сравнений [3], в котором вместо гипотезы равномерного распределения рассматривается гипотеза однородности, т.е. вместо совпадения всех распределений с одним фиксированным (равномерным) проверяется лишь совпадение распределений мнений экспертов между собой, что естественно трактовать как согласованность их мнений в отношении какого либо диагноза. Таким образом, удаётся избавиться от неестественного предположения равномерности. На основе этого подхода относительно просто получить подсказку «советчика» об изменении диагноза больного при смене его состоянии, например, при добавлении нового симптома.

#### **Постановка задачи диагностики заболеваний**

Выборка пациентов получена в результате простого случайного выбора, из числа пациентов, не имеющих других заболеваний, кроме заболеваний легкой формы КиТ. Данные сгруппированы по трем возрастным категориям (от 1 до 8 лет; от 9 до 18 лет и от 19 до 49 лет), с учетом пола больного. Такое разделение объясняется тем, что за основу брался возраст от 9 до 18 лет потому, что именно с 9-летнего возраста регистрировались первые проявления ЮМК (гормональной перестройки организма) и с 9 лет осуществлялся переход из младших классов в средние (причина стресса).

Известно, что  $m_0$  ( $m_0=19$ ) геморрагических признаков (см. табл. 4,  $x_1$  - ЮМК,  $x_2$  - ДМК, ...,  $x_{19}$  - ГИ) могут характеризовать  $n$  диагнозов ( $n=4$ ). Пусть наличие или отсутствие признаков  $x_i \in \{+1; -1\}$ ,  $i = 1, \dots, m_0$  определяет клиническую картину заболеваний крови, связанных с кровотечениями (нуль интерпретируется как отсутствие кровотечения). Используя данные таблиц 1-3, необходимо построить алгоритм предварительной постановки диагноза и оценить точность работы классификатора с помощью данных таблицы 4. Этот классификатор будет определять, какой из четырех диагнозов имеет место.

Единственность диагноза обеспечивается максимумом веса предпочтений  $D_s = \arg \max_{j=1,4} w_j$ , либо при совпадении весов  $w_j = w_i$ ,  $i \neq j$ ;  $i, j \in \overline{1,4}$  – максимумом показателя, который вычисляется, как произведение веса предпочтений и априорной вероятности диагноза  $D_s = \arg \max_{j=1,4} (w_j \gamma_j)$ , где априорная вероятность  $\gamma_j$  есть доля заболевших каждым из четырех заболеваний ( $D \in \{\text{БВ, ДТ, КП, КПСГ}\}$ ) от общего количества больных легкой формой КиТ.

#### **Алгоритм предварительной диагностики на основе методов экспертных оценок и парных сравнений**

Анализ данных в таблицах 1-4 позволяет сделать вывод о возможной целесообразности построения классификаторов, учитывающих пол и принадлежность пациента к определенной возрастной группе, поскольку несколько признаков имеют место только у женщин (например, ЮМК, ДМК, ГИ), характер распределения признаков и их количество различаются в зависимости от пола и возраста. Отличительной особенностью алгоритма является то, что *признаки* используются в качестве *экспертов*, которые будут «голосовать» за тот или иной диагноз в соответствии с *мерой*, которую они получили в результате обследования пациентов в специализированной клинике. Такой *мерой* является представленная в таблицах 1-3 *относительная частота*  $p$  присутствия определенного признака при установлении каждого из диагнозов. Одной этой меры недостаточно для однозначного определения диагноза в силу пересечения множеств признаков, поэтому используется коллективное согласованное подтверждение.

Таблица 1

Относительная частота возникновения геморрагических проявлений у больных легкой формой КиТ в возрасте от 1 до 8 лет (фрагмент)

| №   | Геморрагические признаки | ХВ          |            | ДТ         |            | КП          |            | КПСГ        |            |
|-----|--------------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|     |                          | М<br>(N=14) | Ж<br>(N=8) | М<br>(N=9) | Ж<br>(N=4) | М<br>(N=26) | Ж<br>(N=1) | М<br>(N=13) | Ж<br>(N=5) |
| 1   | ЮМК                      | -           | -          | -          | -          | -           | -          | -           | -          |
| 2   | ДМК                      | -           | -          | -          | -          | -           | -          | -           | -          |
| 3   | НК                       | 0,357       | 0,5        | 0,67       | 0,50       | 0,58        | -          | 0,38        | 0,2        |
| 4   | КД                       | 0,14        | -          | -          | -          | 0,269       | -          | 0,077       | -          |
| ... | ...                      | ...         | ...        | ...        | ...        | ...         | ...        | ...         | ...        |
| 19  | ГИ                       | -           | -          | -          | -          | -           | 1          | -           | -          |

Таблица 2

Относительная частота возникновения геморрагических проявлений у больных легкой формой КиТ в возрасте от 9 до 18 лет (фрагмент)

| №   | Геморрагические признаки | ХВ          |             | ДТ          |             | КП          |            | КПСГ        |            |
|-----|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
|     |                          | М<br>(N=35) | Ж<br>(N=26) | М<br>(N=23) | Ж<br>(N=13) | М<br>(N=25) | Ж<br>(N=8) | М<br>(N=15) | Ж<br>(N=4) |
| 1   | ЮМК                      | -           | 0,731       | -           | 1           | -           | 1          | -           | -          |
| 2   | ДМК                      | -           | -           | -           | -           | -           | -          | -           | -          |
| 3   | НК                       | 0,886       | 0,731       | 0,957       | 0,846       | 0,64        | 1          | 0,933       | 0,25       |
| 4   | КД                       | 0,457       | 0,308       | 0,174       | 0,615       | 0,32        | 0,125      | 0,533       | -          |
| ... | ...                      | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...        | ...         | ...        |
| 19  | ГИ                       | -           | -           | -           | -           | -           | -          | -           | -          |

Критика оснований применения статистических методов в экспертных системах, в частности, догмы согласованности в данном случае не может быть актуальной в части, касающейся реально имеющегося разделения экспертов на группы. Поскольку геморрагические признаки психологически не воздействуют друг на друга и потому не склонны к конформизму.

Таблица 3

Относительная частота возникновения геморрагических проявлений у больных легкой формой КиТ в возрасте от 19 до 49 лет (фрагмент)

| №   | Геморрагические признаки | ХВ          |             | ДТ          |             | КП          |             | КПСГ       |            |
|-----|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
|     |                          | М<br>(N=40) | Ж<br>(N=24) | М<br>(N=20) | Ж<br>(N=32) | М<br>(N=22) | Ж<br>(N=17) | М<br>(N=8) | Ж<br>(N=8) |
| 1   | ЮМК                      | -           | 1           | -           | 0,906       | -           | 0,882       | -          | 0,75       |
| 2   | ДМК                      | -           | 1           | -           | 0,906       | -           | 0,882       | -          | 0,75       |
| 3   | НК                       | 0,95        | 1           | 0,8         | 0,844       | 0,818       | 0,706       | 1          | 0,5        |
| 4   | КД                       | 0,525       | 0,50        | 0,20        | 0,563       | 0,591       | 0,647       | 1          |            |
| ... | ...                      | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...        | ...        |
| 19  | ГИ                       | -           | -           | -           | -           | -           | 0,059       | -          | -          |

Таблица 4

Наличие геморрагических проявлений у больных легкой формой КиТ в возрасте от 19 до 49 лет в зависимости от возраста (В-т), пола и патологии (D)

| №   | В-т | пол | D   | ЮМК | ДМК | НК  | КЯ  | КПЕЗ | ПОК | ПТГ | КПР | ... | ПРК | ГИ  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     | лет |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5    | 6   | 7   | 8   | ... | 18  | 19  |
| 1   | 19  | Ж   | КП  | -1  | +1  | +1  | +1  | -1   | 0   | -1  | +1  | ... | -1  | -1  |
| 85  | 43  | М   | КП  | 0   | 0   | -1  | +1  | -1   | +1  | +1  | +1  | ... | -1  | -1  |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Относительная значимость тех или иных диагнозов устанавливается с помощью коэффициента конкордации Кендалла-Смита, статистического критерия Пирсона  $\chi^2$  и результата парного сравнения. От интервальной нужно перейти к порядковой шкале, связывая с равными упорядоченными интервалами целые числа.

1. *Ранжирование признаков.* Ранг 1 присваивается самой большей мере, ранг “n” – наименьшей мере; остальные диагнозы получают ранги от 2 до “n-1”. Если из двух и больше диагнозов, трудно выделить кандидата на i-е место, то каждому из них приписывается средний ранг, вычисленный из соответствующих чисел натурального

ряда. Например, для двух конкурирующих за  $i$ -е место диагнозов обоим присваивается ранг  $a_{ij}=[i + (i + 1)]/2 = i + 0,5$ ,  $i \in \{1;2;3\}$ ;  $j = \overline{1,4}$  для трех конкурентов за  $i$ -е место – всем трем присваивается ранг  $a_{ij}=[i + (i + 1) + (i + 2)]/3 = i + 1$ ,  $i \in \{1;2\}$ ; если признаки-эксперты не могут выбрать среди четырех диагнозов, тогда всем четырем присваивается ранг  $a_{ij}=i + \frac{1}{4} \sum_{j=0}^3 j = 2,5$ , где  $i=1$ , т.к. все претендуют на первое место. Результаты ранжирования приведены в таблице 5.

2. Определяется коэффициент ранговой конкордации Кендалла-Смита как:

$$K = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - mT}, \quad (1)$$

$$\text{где } S = \sum_{i=1}^n z_i^2, \quad z_i = \left( \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \right), \quad i = \overline{1,4}. \quad (2)$$

3. При наличии повторяющихся рангов вычисляется показатель взаимосвязанности рангов  $T_j$ :

$$T_j = \sum_{i=1}^{\ell} (t_{ij}^3 - t_{ij}) \quad (3)$$

где  $t_{ij}$  - число повторений каждого ранга у каждого эксперта,  $\ell$  - количество повторных рангов, например, в таблице 5 для признака под номером 11  $\ell=2$ , а для всех остальных признаков  $\ell=1$ .

В таблице 5 расчеты по формулам (2) и (3) проведены для всех признаков ( $m=11$ ), получено значение  $S=11$ ,  $K=0,053$ .

Таблица 5 является базовой для определения степени, согласованного «голосования» за определенный диагноз у мужчин из возрастной группы от 19 до 49 лет. Пусть, например, это будет случайным образом выбранный из таблицы 4 больной под номером 85 в возрасте 43 лет, у которого присутствуют признаки под номерами 4, 6, 7 и 8 (точный диагноз КП). Для конкретного больного путем «наложения маски» на таблицу 9 выделяется подтаблица. Маска представляет совокупность признаков, присущих именно этому конкретному больному. «Наложение маски» означает вычеркивание из таблицы 9 не имеющих у больного признаков. В формуле (1) количество признаков  $m=4$  в (2) суммируются ранги для столбцов признаков под соот-

ветствующими номерами (4, 6, 7 и 8). Коэффициент конкордации  $K$  может изменяться от 0 (если связи между ранжировками нет) до +1 (если все эксперты-признаки ранжировали все диагнозы одинаково). Его значение находится в пределах  $0 \leq K \leq 1$ ;  $K=1$  — полное совпадение ранжировок, а  $K=0$  означает полную противоположность.

Таблица 5

Результаты ранжирования в мужской возрастной группе от 19 до 49 лет

| №признака                          | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 10 | 11  | 13 | 17 | $\sum_{i=1}^m a_{ij}$ | $z_i$ | $z_i^2$ |
|------------------------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|-----------------------|-------|---------|
| ХВ                                 | 2,5 | 2  | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2  | 2  | 1,5 | 3  | 3  | 26                    | 1,5   | 2,25    |
| ДТ                                 | 2,5 | 4  | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 4  | 2  | 3,5 | 3  | 1  | 30                    | 2,5   | 6,25    |
| КП                                 | 2,5 | 2  | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2  | 4  | 3,5 | 1  | 3  | 28                    | 0,5   | 0,25    |
| КПСГ                               | 2,5 | 2  | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2  | 2  | 1,5 | 3  | 3  | 26                    | 1,5   | 2,25    |
| $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}$ |     |    |     |     |     |     |    |    |     |    |    | 110                   | $S=$  | 11      |
| $t_{ij}$                           | 4   | 3  | 4   | 4   | 4   | 4   | 3  | 3  | 2   | 3  | 3  |                       |       |         |
| $T_j$                              | 60  | 24 | 60  | 60  | 60  | 60  | 24 | 24 | 12  | 24 | 24 |                       |       |         |

4. Соответствующее ранжировке значение *критерия Пирсона*  $\chi^2$  вычисляется по формуле:  $\chi^2 = K \cdot m \cdot (n-1)$ . При проверке гипотезы экспериментальные данные могут противоречить гипотезе  $H_0$ , тогда она отклоняется. Отсюда видно, что статистическая проверка гипотез, основанная на экспериментальных выборочных данных, неизбежно связана с риском (вероятностью  $P$ ) принять ложное решение. При этом возможны ошибки двух родов. Ошибка первого рода произойдет, когда будет принято решение отклонить гипотезу  $H_0$ , хотя в действительности она верна. Ошибка второго рода произойдет когда будет принято решение не отклонять гипотезу  $H_0$ , хотя в действительности она будет неверна. Очевидно, что правильные выводы могут быть приняты также в двух случаях. В силу наличия в эксперименте случайных влияний эта граница не может быть проведена абсолютно точно. Она базируется на понятии уровня значимости. Уровнем значимости  $\beta$  называется вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы. В медицине, считается, что низшим уровнем статистической значимос-

ти является уровень  $\beta_1=0,05$ ; достаточным – уровень  $\beta_2=0,03$  и высшим – уровень  $\beta_3=0,01$ , им соответствуют три критических значения  $\chi_{kp}^2$ . Поскольку при диагностировании количество диагнозов  $n$  (свобода выбора) постоянно и равно четырем, то положение  $\chi_{kp}^2\{\beta_i;(n-1)\}$ ,  $i = \overline{1,3}$  на оси значимости не зависят от числа признаков, диагнозов и групп больных, и лишь значение  $\chi_s^2$  может изменяться.

$$\chi_{kp}^2 = \begin{cases} 7,815, & \text{для } P \leq 0,05 \\ 8,947, & \text{для } P \leq 0,03. \end{cases}$$

Подсчитанное  $\chi_s^2$  должно обязательно попасть в одну из трех зон. Вычисленное для выбранного больного значение  $\chi_s^2=0,25 \cdot 4 \cdot (4-1)=3$  попало в зону незначимости. Тогда рисунок 1 выглядит так:

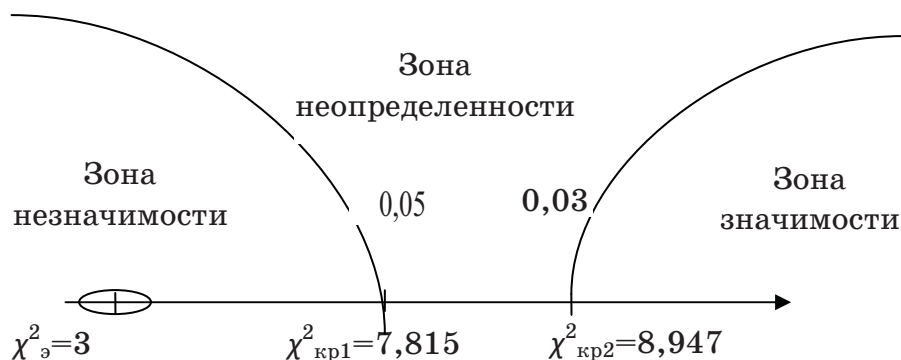


Рисунок 1 «Ось значимости».

Иными словами следует принять гипотезу  $H_0$  об отсутствии различий. Таким образом, признаки согласованы в своем решении относительно диагноза.

5. *Методом парных сравнений* определим, какой именно диагноз имеет предпочтение. Для этого нужно иметь таблицу, в которой каждый эксперт-признак «голосовал» бы за каждый диагноз по-разному, т.е. повторных рангов не должно быть. Воспользуемся исходной таблицей 3. Первое место в каждом столбце присваивается диагнозу с наибольшей частотой, последнее место – с наименьшей частотой; остальные диагнозы получают места “2” или “3”. Однако если имеются одинаковые значения частот, тогда меньшее место присваивается тому диагнозу, за который «проголосовало» абсолютное большинство больных, таким образом, сравнение диагнозов происходит еще и с

учетом количества больных. Получим таблицу 6, в которой нули означают отсутствие условий для проявления признака.

Таблица 6

Таблица для проведения парных сравнений диагнозов по данным мужской группы в возрасте от 19 до 49 лет

| № признака | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 17 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| ХВ         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 2  | 0  | 0  |
| ДТ         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 0  | 0  | 1  |
| КП         | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 0  |
| КПСГ       | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2  | 1  | 0  | 0  |

Метод парных сравнениях [3] использует две оценки: 0 или 1. Более весомому диагнозу присваивается оценка 1, менее весомому – 0. Но если нельзя определить предпочтение, то присваивается 0,5 обоим диагнозам, число пар, для которых нельзя определить предпочтение между  $i$ -м и  $j$ -м диагнозом равно  $c_{ij}$ . Наиболее простой способ узнать предпочтение состоит в том, чтобы попарно сравнить значения признака для всех диагнозов (если в эксперименте используется  $n$  диагнозов, необходимо  $n(n-1)/2$  сравнений). Эти результаты оформляются в виде матрицы  $n \times n$ , элементами которой являются количества присвоенных предпочтений  $b_{ij}$ , являющиеся суммами нулей и единиц. Диагональные элементы такой матрицы представлены нулями, потому что нет нужды сравнивать диагноз с собой. Одной из особенностей матрицы является равенство:  $b_{ij} + b_{ji} + c_{ij} = m$ , где  $m$  – количество экспертов-признаков.

Отношение количества предпочтений, соответствующих варианту предпочтений,  $w_i = \sum_{j=1}^n (b_{ij} + c_{ij} / 2) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (b_{ij} + c_{ij} / 2)$ ,  $i = \overline{1,4}$  к общей сумме элементов матрицы характеризует весомость диагноза.

По данным таблицы 7 одинаково весомыми выявились два варианта диагнозов: КП и КПСГ. Однако с учетом веса подвыборок  $y_i$  однозначно определяется наиболее предпочтительный диагноз – КП. Вес подвыборки  $y_i$  рассчитывается, как отношение мужчин, имеющих  $i$ -й диагноз, к общему количеству диагностированных в возрастной

группе мужчин и является ничем иным как априорной вероятностью встречаемости диагноза в данной группе.

Таблица 7

Результат парных сравнений для мужчины, имеющего 4, 6, 7 и 8 признаки

|       | ХВ | ДТ | КП | КПСГ | $\sum_{j=1}^n b_{ij}$ | $w_i$ | вес $y_i$ | $w_i \cdot y_i$ |
|-------|----|----|----|------|-----------------------|-------|-----------|-----------------|
| ХВ    | 0  | 4  | 0  | 0    | 4                     | 0,167 | 0,444     | 0,074           |
| ДТ    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0                     | 0     | 0,222     | 0               |
| КП    | 4  | 4  | 0  | 2    | 10                    | 0,417 | 0,244     | 0,102           |
| КПСГ  | 4  | 4  | 2  | 0    | 10                    | 0,417 | 0,089     | 0,037           |
| всего |    |    |    |      | 24                    | 1     | 1         |                 |

Как видно из таблицы 7 результат поиска максимума дискриминирующего показателя  $w_i \cdot y_i$  указывает на диагноз КП, который *совпадает с точным диагнозом* больного. Диагностирование оказалось верным.

### Выводы

Приведено обоснование применения методов экспертных оценок и парных сравнений для задачи предварительной диагностики. Изложен алгоритм принятия решений. Рассмотренный пример демонстрирует безошибочную работу классификатора диагнозов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шейдина И.Л. Методы экспертных оценок в практике США// США – экономика, политика, идеология, 1971. - №9. – С.51-63.
2. Давнис В.В., Тинякова В.И. Прогнозные модели экспертных предпочтений// Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 2005. – 248с.
3. Терстоун Л.Л. Психофизический анализ//Проблемы и методы психофизики/ под ред. А.Г.Асмолова, М.Б. Михалевской. М.: Изд-во Московского университета, 1974.

## ПІДВИЩЕННЯ СТРУКТУРНОЇ НАДІЙНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ ЕПІЗОДИЧНИХ МЕРЕЖ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ

*Розроблені показники для локальної оцінки структурної надійності безпроводових епізодичних мереж, які враховують одночасно як структурні, так і функціональні характеристики мережі, такі як: навантаження, створюване вузлами мережі, спосіб обробки заявок на вузлах мережі, обмежені пропускні спроможності каналів та ін. Також запропоновано інтегральний показник, який дозволяє оцінити надійність мережі в цілому. Розроблено чисельні алгоритми розміщення повітряних ретрансляторів для оптимізації показників локальної та глобальної оцінки структурної надійності мережі.*

*Ключові слова: безпроводові епізодичні мережі, структурна надійність, локальні показники, глобальні показники, функціональні характеристики, безпілотні літальні апарати, алгоритми розміщення*

### Вступ

Прагнення відмовитись від використання стаціонарної мережної інфраструктури обумовлює розвиток такого виду телекомунікаційних мереж, як безпроводові епізодичні мережі (БЕМ). Абоненти таких мереж можуть вільно переміщуватись в заданому районі та з'єднуватись між собою безпосередньо шляхом радіозв'язку, утворюючи таким чином багатострибкові мобільні радіомережі [1]. Через високу мобільність таких вузлів та нестабільність каналів зв'язку між ними структура БЕМ постійно змінюється, що значно ускладнює оцінку та забезпечення надійності таких мереж.

До цього часу структурна надійність мережі визначалася наявністю або відсутністю справного шляху в заданому напрямку [2,3]. Однак, наявність справного шляху ще не гарантує негайного встановлення з'єднання, оскільки елементи шляху можуть бути зайняті для обміну інформації інших абонентів. Отже актуальною на сьогодні є задача оцінки надійності мережі із урахуванням як структурних, так й інформаційних характеристик мережі.

Одним із способів підвищення структурної надійності мережі є внесення надлишковості в її структуру. Це можна здійснити шляхом застосування додаткових вузлів повітряного базування, роль яких можуть грати мініатюрні безпілотні літальні апарати (БЛА) [4]. Оснащенні більш потужним передавачем, БЛА мають змогу

© Лисенко О.І., Валуйський С.В., 2010

з'єднатися з більшою кількістю вузлів, аніж мобільні абоненти (МА), та значно підвищити таким чином структурну надійність мережі (рис.1). Оскільки мережа постійно змінює структуру, виникає практичний інтерес розробки алгоритму адаптивного розміщення групи БЛА у просторі для забезпечення/підтримки заданого рівня надійності.

Отже, метою роботи є підвищення структурної надійності безпроводової епізодичної мережі в умовах постійної зміни структури та з урахуванням інформаційних характеристик мережі.

Для досягнення поставленої мети пропонується вирішення наступних часткових наукових задач:

1. Визначення та обґрунтування показників для оцінки локальної та глобальної структурної надійності БЕМ із урахуванням інформаційних характеристик мережі.

2. Розробка чисельних алгоритмів пошуку просторового розміщення групи БЛА, який дозволяє досягти екстремальних значень показників структурної надійності мережі.

3. Програмна реалізація запропонованих алгоритмів, обчислювальний експеримент та аналіз отриманих результатів.

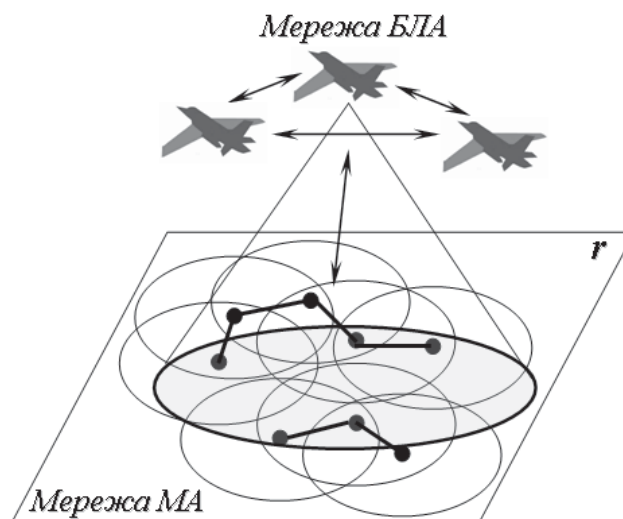


Рисунок 1 – Приклад архітектури БЕМ із використанням БЛА

### Визначення показників для оцінки структурної надійності

Під структурно надійністю слід розуміти об'єктивну властивість мережі забезпечувати зв'язність абонентів із якістю (QoS) не гірше заданої [5]. Під наявністю зв'язку (зв'язності) розуміється існування принаймні одного справного шляху між відповідними вузлами [2]. Ймовірність такої події позначимо  $P_{kl}$ ,  $k, l = \overline{1, N}$ , де  $N$  – кількість

вузлів у мережі. Справність визначається таким поняттям, як відмова. Під відмовою каналу зв'язку слід розуміти такий стан, при якому обладнання каналу повністю вийшло з ладу, або ж його параметри настільки погіршились, що подальше використання каналу неможливе. Оскільки обладнання кожного МА БЕМ поєднує у собі функції як терміналу, так й вузлу комутації, то вихід з ладу цього вузла призведе до одночасної відмови усіх ребер (ліній зв'язку), інцидентних цьому вузлу. Відмова вузла приводить до порушення більшого числа шляхів, аніж відмова ребра, однак ймовірність такої події значно менше ймовірності відмови ребра. Тому при оцінці структурної надійності каналів зв'язку будемо розглядати тільки вплив ребер, вважаючи, що надійність вузлів (ймовірність їх відмови) дорівнює одиниці. Під надійністю  $p_{ij}$  ребра (лінії зв'язку) будемо вважати ймовірність знаходження ребра у справному стані. Справний стан лінії зв'язку може визначатися одним або декількома показниками якості надання послуг (QoS). В залежності від типу трафіку пріоритетним показником QoS можуть бути різні параметри, наприклад: гарантована пропускна спроможність (потоківі мультимедіа), час затримки передачі інформації та джиттер (VoIP, відеоконференції) та ін. Але для більшості типів трафіку необхідна гарантована достовірність (точність) передачі інформації. Тому пропонується в якості пріоритетного параметру для оцінки структурної надійності лінії зв'язку обрати ймовірність помилкового прийому пакету даних (PER). Оскільки цей параметр має статистичну природу, потрібен деякий час спостереження за лінією зв'язку, перш ніж можна буде визнати її несправною. Тому будемо вважати ребро несправним, якщо протягом деякого часу  $t$  буде зберігатися нерівність  $PER > PER_0$ . Тоді надійність ребра мережі можна визначити як ймовірність безпомилкового прийому пакету даних протягом часу  $t$ :

$$p_{ij(t)} = 1 - PER_{ij(t)}, i, j = \overline{1, N} \quad (1)$$

Надалі будемо вважати, що  $p_{ij(t)} = p_{ij}$ .

Якщо структура мережі представляє собою сукупність послідовних або паралельних з'єднань ненадійних елементів (в даному випадку ребер), то надійність таких структур в деякому напрямку  $(k, l)$  визначаються наступними формулами:

$$P_{kl} = \prod_{i,j=1}^m p_{ij}, \quad (2)$$

$$P_{kl} = 1 - \prod_{i,j=1}^n q_{ij}, \quad (3)$$

де  $m, n$  – кількість ребер, що з'єднані послідовно та паралельно, відповідно;  $p_{ij}$  – надійність ребра між вузлами  $i$  та  $j$ ;  $q_{ij}$  – ймовірність відмови ребра між вузлами  $i$  та  $j$ .

Практично будь-який вихідний граф двополусної мережі може бути перетворений на просте послідовне або паралельне з'єднання елементів шляхом одного з відомих методів перетворення, наприклад, методом розкладання Шеннона – Мура [2,3]. Якщо надійність  $P_{kl}$  будь-якої пари вузлів мережі більше заданої  $P_{kl}^0$ , то мережу можна вважати структурно зв'язаною.

Однак критерій структурної зв'язності не може в повній мірі охарактеризувати надійність зв'язку, оскільки він не враховує алгоритми функціонування мережі, зокрема протокол множинного доступу (алгоритм обробки заявок на вузлах мережі), протокол маршрутизації, пропускні спроможності каналів та ін. Тому для оцінки надійності мережі розглянемо критерій структурно-інформаційної та критерій інформаційної зв'язності, що характеризують якість обслуговування запитів в умовах ненадійності елементів.

Під ймовірністю *структурно-інформаційної зв'язності* (СІЗ) між двома фіксованими вузлами мережі, при наявності між ними потоку інформації, слід розуміти ймовірність того, що в заданому інтервалі часу при надходженні чергового запиту на передачу інформації в процесі пошуку встановлення з'єднання знайдений принаймні один справний шлях між даними вузлами [5].

В якості критерію структурно-інформаційної зв'язності від вузла  $k$  до вузла  $l$  вводиться показник:

$$H_{kl} = \frac{Z_{kl} - R_{kl}}{Z_{kl}} = 1 - p_c \quad (4)$$

де  $Z_{kl}$  – навантаження, що надходить на обслуговування від вузла  $k$  до вузла  $l$ ;  $R_{kl}$  – втрачене навантаження при організації зв'язку від вузла  $k$  до вузла  $l$ ;  $p_c = \frac{C_{втр}}{C_{надх}}$  – втрати по заявкам, де  $C_{надх}$  – інтен-

сивність потоку заявок, що знаходяться на обслуговування;  $C_{втр}$  – інтенсивність потоку заявок, що отримали відмову в обслуговуванні.

Оскільки БЕМ відносяться до класу мереж з комутацією пакетів, то під  $p_c$  будемо мати на увазі ймовірність втрати пакету даних протягом часу  $t$ , що на відміну від критерію структурної зв'язності визначається не тільки втратами на лінії зв'язку, а й інтенсивністю заявок (пакетів), що надходять в даному напрямку, а також способом обслуговування заявок в вузлах мережі.

Цей спосіб залежить в першу чергу від обраного способу множинного доступу (МД), що визначається технологією побудови мережі. В умовах високої мобільності вузлів, характерної для більшості БЕМ, переважним є стандарт IEEE 802.11, що передбачає використання протоколу множинного доступу з контролем несучої (МДКН), наприклад, CSMA/CA [6]. Згідно даного протоколу вузли здійснюють передачу сигналу на одній частоті. Для уникнення колізій при доступі кожен вузол перед початком передачі (у разі надходження заявки) прослуховує ефір на наявність несучої. У випадку зайнятості ефіру, вузол зберігає пакет в буфері та через певний проміжок час знову перевіряє ефір. У випадку зайнятості ефіру вузол чекає випадковий проміжок часу, що визначається розміром «вікна змагань», і знову перевіряє ефір: якщо ефір вільний, розпочинає передачу. Колізія може виникнути лише у випадку збігу випадкових інтервалів вузлів, що чекають доступ на передачу. Ймовірність цієї події тим менша, чим більший розмір «вікна змагань». Виходячи з цього аналізу на величину PER при даному протоколі МД впливають наступні чинники: інтенсивність надходження заявок (пакетів) на вузлах мережі; кількість вузлів у мережі; розмір буферу вузлів мережі, час перебування заявки у буфері, пріоритет заявки у буфері; розмір «вікна змагань».

Якщо припустити, що при заданій інтенсивності надходження заявок (пакетів) однакового пріоритету від заданої кількості вузлів мережі обрано достатньо великий розмір «вікна змагань», та вузли мають достатньо великий розмір буферу, то ймовірність втрати пакету через протокол МД прямує до нуля. У цьому випадку модель обслуговування заявок в вузлах мережі зводиться до моделі з очікуванням без обмеження довжини черги [7]. Тоді параметр структурно-

інформаційної зв'язності зводиться до параметру структурної зв'язності:

$$H_{kl} = \frac{Z_{kl} - Z_{kl}(1 - P_{kl})}{Z_{kl}} = P_{kl} \quad (5)$$

Оцінка структурно-інформаційної зв'язності мережі в цілому проводиться по матриці  $H = \|H_{kl}\|$ , елементами якої є значення  $H_{kl}$ , якщо  $Z_{kl} > 0$ . Якщо  $Z_{kl} = 0$ , то значення елемента невизначене. Будемо вважати, що мережа знаходиться в працездатному стані, якщо  $H_{kl} > H_{\min}$ , де  $H_{\min}$  – деяке мінімальне задане значення структурно-інформаційної зв'язності.

Таким чином критерій структурно-інформаційної зв'язності оцінює потенційну надійність мережі та є верхньою мережею ймовірності зв'язності між вузлами мережі. Однак, зв'язок між вузлами може бути невстановлений не тільки з причини порушення працездатності каналів, а з причини відсутності в даний момент часу вільних каналних ресурсів. Для визначення ймовірності зв'язності між вузлами мережі в умовах обмеженої пропускної спроможності каналів введено поняття *інформаційної зв'язності (ІЗ)*  $Q_{kl}$  від вузла  $k$  до вузла  $l$ , що визначається формулою:

$$Q_{kl} = \frac{Z_{kl} - R_{kl}}{Z_{kl}} = 1 - p_c \quad (6)$$

Формула (6), так само як і її параметрами, аналогічна (4). Різниця полягає лише у методиці визначення втраченого навантаження  $R_{kl}$ . При визначенні  $H_{kl}$  враховується втрачене навантаження тільки з причини відмови ребра (лінії зв'язку) та відмови доступу до каналного ресурсу, а при визначенні  $Q_{kl}$  – ще й з причини зайнятості всіх каналних ресурсів. З ростом пропускної спроможності каналів  $H_{kl} \rightarrow Q_{kl}$ .

До цих пір ми розглядали показники структурної надійності мережі відносно виділеної пари вузлів. Сукупність таких показників для всіх або деякої підмножини пар може достатньо повно охарактеризувати структурну надійність мережі в цілому. Але в умовах швидкої зміни структури БЕМ може бути занадто складним постійно перераховувати показники для всіх пар, тому пропонується використо-

увати інший, інтегральний, критерій структурної надійності. По цьому критерію мережа вважається справною, якщо є зв'язок між всіма її вузлами та задається вимога на ймовірність такої події. Крім цього бажано б було знати наскільки надійною є зв'язана мережа, що постійно розвивається, на що не можуть дати відповідь вище розглянуті показники. Тому в даній роботі запропонований інтегральний показник – *глобальна пакетна зв'язність* (ГПЗ). Розглянемо його детальніше.

Представимо БЕМ у вигляді ненаправленого зваженого графу  $G(N,A)$  (рис.2), що складається з  $N$  вершин (вузлів мережі) та сукупності ребер (каналів зв'язку)  $A$ , позначених певною вагою, що обернено пропорційна ймовірності зв'язності пари вузлів. Тоді ГПЗ можна визначити, як мінімальне кістякове дерево (МКД), що представляє собою набір ребер графу, які поєднують собою усі вузли графу та сумарна вага яких мінімальна. Тоді ГПЗ матиме наступний вигляд:

$$U = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N [A']_{ij} W_{ij}, \quad (7)$$

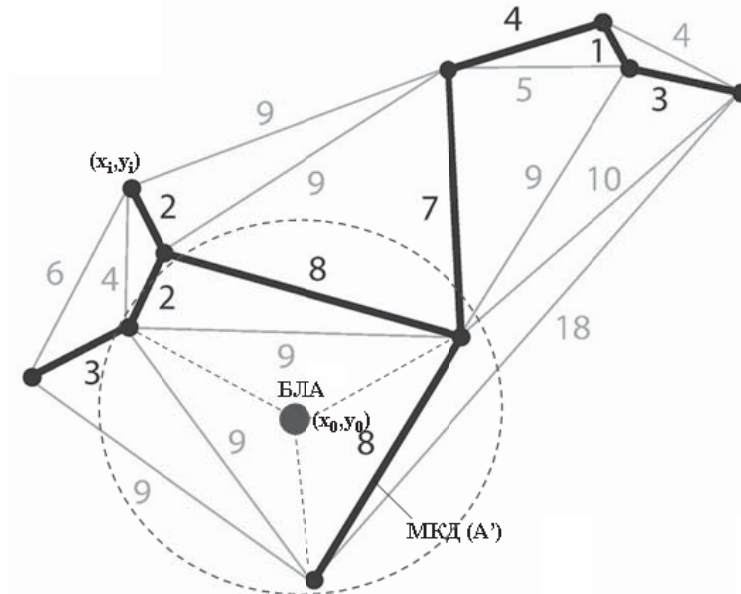
де  $[A']_{ij}$  – набір ребер графу  $G(N,A)$ , що входять до складу МКД;

$W_{ij} = -\lg P_{ij}$  – вага ребра МКД, яка обернено пропорційна надійності пари вузлів, що визначається з (2)-(3), (4) чи (6).

Значення кожного з вище розглянутих показників структурної надійності може бути значно підвищено шляхом використання додаткових вузлів, повітряних ретрансляторів, роль яких можуть грати БЛА.

#### Постановка задачі у математичному вигляді

Нехай задано: множина наземних вузлів  $V_i, i = \overline{1, N}$ , де  $N$  – кількість наземних вузлів (МА), розосереджених в деякому районі  $r, m^2$ ; множина БЛА  $B_j, j = \overline{1, K}$ , де  $K$  – кількість БЛА;  $R = \text{const}$  – радіус зони покриття кожного БЛА (якщо вони знаходяться на однаковій висоті  $h$  відносно земної поверхні), м;  $(x_i, y_i), i = \overline{1, N}$  – координати розміщення наземних вузлів по земній поверхні (отримані через GPS). Будемо вважати, що всі МА знаходяться на однаковій висоті відносно земної поверхні.

Рисунок 2 – Приклад графу  $G(N,A)$  БЕМ (при  $N=10$  та 1 БЛА)

Також для визначення структурно-інформаційної зв'язності та інформаційної зв'язності нехай задано: структура мережі (без застосування БЛА), значення PER для всіх ребер мережі, спосіб обслуговування заявок в вузлах мережі (протокол МД); план розподілення потоків (протокол маршрутизації); ймовірність відсутності каналного ресурсу в заданому напрямку.

Тоді постановку задачі можна сформулювати наступним чином.

*Постановка задачі оптимізації за показниками локальної структурно надійності (задача 1):* знайти таке розташування БЛА, яке дозволяє максимізувати локальну структурну надійність за показниками (2)-(3), (4), (5).

*Постановка задачі оптимізації за показником глобальної структурної надійності (задача 2):* знайти такі координати розміщення множини БЛА у просторі  $(x_{0j}, y_{0j}, z_{0j})$ ,  $j = \overline{1, K}$ , в яких цільова функція глобальної пакетної зв'язності  $U$ , що визначається з виразу (7), буде мінімальною. Математична постановка задачі буде мати наступний вигляд:

$$\min_{(x_{0j}, y_{0j}, z_{0j}), j = \overline{1, K}} U \quad (8)$$

### Алгоритм розміщення БЛА для підвищення СІЗ та ІЗ

Для знаходження оптимального принципу розміщення БЛА для підвищення СІЗ та ІЗ проаналізуємо наступні структури (рис.3).

На рис.3 зображені примітивні структури БЕМ з 4 наземними вузлами (показані крапками) та 1 БЛА (показаний зіркою), які відображають різні способи з'єднання БЛА із вузлами мережі. Проведемо аналіз структурно-інформаційної надійності даних структур у напрямку вузлів АВ.

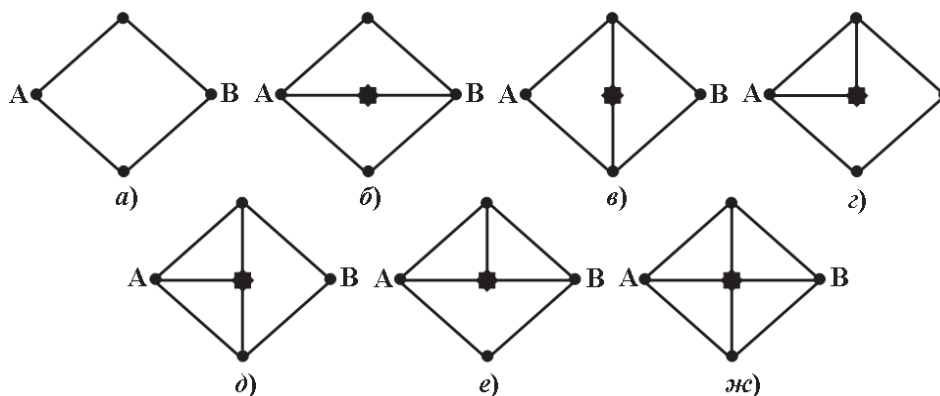


Рисунок 3 – Приклади структури БЕМ (з 4 МА та 1 БЛА)

Припустимо, що в якості протоколу МД використовується CSMA/CA, при цьому розмір «вікна змагання» та буферної пам'яті МА достатньо великий. В якості протоколу маршрутизації застосовується протокол, який визначає маршрут передачі даних за вимогою (наприклад, AODV), що дозволяє просте додавання/видалення вузлів до мережі без втрати інформаційних пакетів. Тоді пошук СІЗ зводиться до пошуку структурної зв'язності. Покладемо надійність всіх ребер однаковою та рівною  $p$ . Використовуючи формули для послідовного та паралельного з'єднання елементів (2), (3) та метод розкладання Шеннона – Мура, знайдемо відповідні вирази для ймовірності зв'язності вище вказаних структур.

$$P_{AB}^{(a)} = -p^4 + 2p^2 \quad (9)$$

$$P_{AB}^{(b)} = p^6 - 3p^4 + 3p^2 \quad (10)$$

$$P_{AB}^{(c)} = -2p^6 + 4p^5 - 2p^4 + p \quad (11)$$

$$P_{AB}^{(d)} = p^6 - p^5 - 2p^4 + p^3 + 2p^2 \quad (12)$$

$$P_{AB}^{(e)} = p^7 + 2p^6 + 2p^5 - 4p^4 + 4p^3 - p^2 + p \quad (13)$$

$$P_{AB}^{(e)} = -2p^7 + 5p^6 - 7p^4 + 2p^3 + 3p^2 \quad (14)$$

$$P_{AB}^{(ж)} = 4p^8 - 18p^7 + 27p^6 - 10p^5 - 9p^4 + 4p^3 + 3p^2 \quad (15)$$

Графічне відображення формул (9)-(15) показано на рис.4. Якщо вважати, що ймовірність відсутності каналного ресурсу в заданому напрямку дорівнює 0,5, тоді надійність кожного ребра структури становитиме:  $p' = p \cdot 0,5$ . Графік залежності інформаційної зв'язності від надійності ребра зображено на рис.5.

Аналізуючи графіки залежності структурної та інформаційної зв'язності (рис.4,5) при надійності ребра, наприклад, 0,8, можемо бачити, що значення інформаційної зв'язності менші відповідних значень структурної зв'язності. Та навіть при максимальній надійності ребра ( $p = 1$ ) інформаційна зв'язність буде значно менше 1 через обмежену пропускну спроможність каналів мережі.

Також аналізуючи вище вказані графіки можемо бачити, що більшу надійність мають структури (ж), (е) і (б). Виходячи з цього можна зробити висновок, що для підвищення структурної надійності мережі БЛА слід розміщувати таким чином, щоб покрити (зв'язати) пару вузлів, в напрямку яких оцінюється надійність, та якомога більшу кількість інших вузлів мережі.

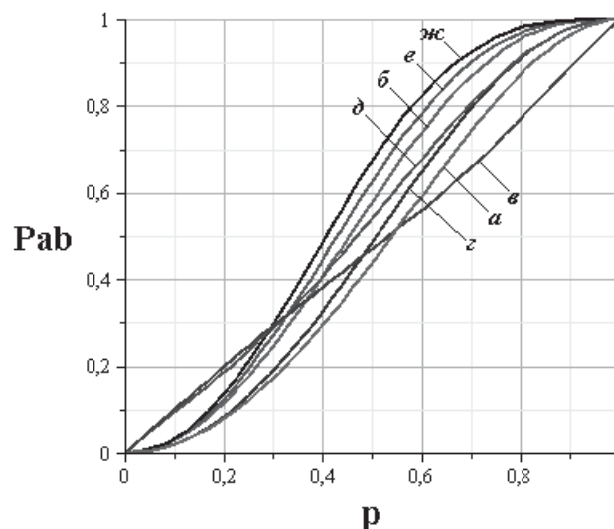


Рисунок 4 – Залежність структурної зв'язності від надійності ребра

Якщо зв'язати пару заданих вузлів не вдається (через малий розмір зони покриття БЛА), то БЛА слід розміщувати таким чином, щоб зв'язати один з заданих вузлів з якомога більшою кількістю інших вузлів мережі. Усі наступні БЛА слід розміщувати таким чином, щоб зв'язати попередній БЛА з другим заданим вузлом та/або якомога більшою кількістю інших вузлів мережі. Процедура виводу БЛА слід продовжувати до тих пір, поки не буде досягнута задана структурно надійність або не скінчиться заданий апаратний ресурс (БЛА).

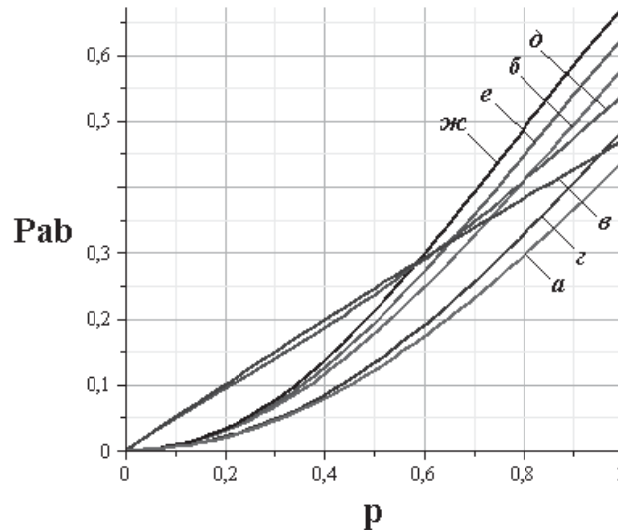


Рисунок 5 – Залежність інформаційної зв'язності від надійності ребра

Тоді алгоритм розміщення БЛА для підвищення СІЗ та ІЗ буде мати наступні кроки:

*Крок 1.* Вибір пари заданих вузлів БЕМ між якими треба підвищити структурну надійність. Відбір точок у радіусі  $2R$  від середини відрізка між заданими вузлами.

*Крок 2.* Побудова кіл, описаних навколо кожного з відібраних вузлів та двох заданих. Відбір тих кіл, радіус яких не перевищує  $R$  та включає задані вузли мережі. Якщо таких кіл не має, то БЛА треба піднятися на більшу висоту, та здійснити перехід на Крок 1. Якщо є такі кола, то перехід на Крок 3.

*Крок 3.* Вибір серед побудованих кіл такого, що при розміщенні у його центрі БЛА, буде покрита найбільша кількість інших вузлів мережі. Якщо немає більше заданих пар вузлів для підвищення структурної надійності або скінчився апаратний ресурс (БЛА), то КІНЕЦЬ, інакше перехід на Крок 1.

### Алгоритм розміщення БЛА для підвищення ГПЗ

Оскільки задача пошуку оптимального розміщення БЛА згідно формулювання (9) є NP-складною, тому алгоритм оптимального розміщення множини БЛА пропонується засновувати на градієнтному методі пошуку оптимуму.

У випадку ГПЗ БЛА будемо розміщувати таким чином, щоб мінімізувати МКД. Градієнт функції зв'язності для ГПЗ визначається наступним чином:

$$\nabla U(\vec{x}) = \left( \frac{\partial U(\vec{x})}{\partial x_0}; \frac{\partial U(\vec{x})}{\partial y_0}; \frac{\partial U(\vec{x})}{\partial z_0} \right), \quad (16)$$

де  $\vec{x} = (x_0; y_0; z_0)$  – вектор точки розміщення БЛА у просторі.

Основна ідея градієнтного методу [8] полягає в тому, щоб вести пошук оптимуму в напрямку найшвидшого спуску, а цей напрямок задається антиградієнтом  $-\nabla U$ , тобто

$$\vec{x}^{t+1} = \vec{x}^t - \lambda^t \nabla U^t \quad (17)$$

де  $\vec{x}^t, \vec{x}^{t+1}$  – поточне та наступне розміщення БЛА у просторі;  $\lambda^t$  – деяке число, що вибирається:

- постійним (в цьому випадку метод може розходитися);
- дробовим кроком, тобто довжина кроку в процесі спуску ділиться на деяке число;
- найшвидшим спуском:  $\lambda^t = \arg \min_{\lambda} U(\vec{x}^t - \lambda^t \nabla U(\vec{x}^t))$ .

В даній роботі випадку будемо користуватись найшвидшим спуском.

Умова зупинки (точність розрахунку) задається деяким малим числом  $\varepsilon$ .

Для того, щоб зменшити ймовірності потрапляння БЛА у локальний оптимум та зменшення кількості ітерацій алгоритму пропонується застосування градієнтного методу починати з деяких точок початкового наближення (ініціалізації), що можна визначити одним з наступним способів: решітчаста ініціалізація, центроїдна ініціалізація. Детально ці способи розглянуті в [4].

Таким чином загальний алгоритм оптимального розміщення множини БЛА у випадку ГПЗ матиме наступний вигляд (табл.1).

### Обчислювальний експеримент

Для перевірки запропонованого алгоритму розміщення БЛА будемо використовувати наступні вихідні дані: кількість наземних вузлів (МА)  $N = 7$ , що випадковим чином розміщені в районі  $r = 1000 \times 1000 \text{ м}^2$ ; потужність кожного МА становить 100 мВт; потужність кожного БЛА становить 300 мВт; спектральна потужність шуму становить  $10^{-12}$  Вт/Гц; висота БЛА становить 100м; діелектричні втрати поширення сигналу пропорційні кубу відстані між вузла-

ми; тип коду – згортковий  $133_8, 171_8$  зі швидкістю  $1/2$ ; довжина пакету 1000 біт; модель каналів МА-МА, МА-БЛА – Релея із незалежними завмираннями; модель каналу БЛА-БЛА – канал із адитивним білим гаусовим шумом (АБГШ).

Таблиця 1

## Алгоритм розміщення БЛА у випадку ГПЗ

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ініціалізація | $j = 0$ , визначення точності розрахунку $\varepsilon$ .<br><i>Крок 1.</i> $t = 0, j = j + 1$<br>Визначення початкової точки пошуку оптимального розміщення $j$ -го БЛА $\vec{x}_j^0, j = \overline{1, K}$ , використовуючи решітчасту або центроїдну ініціалізацію.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ітерації      | <i>Крок 2.</i> Найшвидший спуск для оптимізації зв'язності $U$ , тобто $\vec{x}_j^{t+1} = \vec{x}_j^t - \lambda^t \nabla U_j^t$ , де $\lambda^t = \arg \min_{\lambda} U(\vec{x}_j^t - \lambda^t \nabla U_j^t(\vec{x}_j^t))$ .<br><i>Крок 3.</i> Перевірка умов зупинки:<br>- якщо $\left  \vec{x}_j^{t+1} - \vec{x}_j^t \right  > \varepsilon$ , то $t = t + 1$ та перехід на Крок 2;<br>- інакше зупинка: $\vec{x}_j = \vec{x}_j^{t+1}$ та вивід $j$ -го БЛА у точку $\vec{x}_j$ .<br><i>Крок 4.</i> Перевірка залишку БЛА та проблемних ребер:<br>якщо $j < K$ та $[A_{np}] \neq 0$ перехід на Крок 1, інакше КІНЕЦЬ. |

Використовуючи вище вказаний алгоритм розміщення множини БЛА отримуємо графік залежності ГПЗ від координат розміщення 1 БЛА у просторі (рис.6) та графіки залежності ГПЗ від кількості БЛА при різній кількості МА  $N$  (рис.7) та при різному розмірі району розташування МА  $r$  (рис.8).

Аналізуючи рис.6 можемо бачити, що ГПЗ має глобальний оптимум та декілька локальних оптимумів. При розміщенні БЛА в точці з координатами (125,801,100) ГПЗ сягає свого максимального значення. Приріст ГПЗ від застосування 1 БЛА може сягати понад 500%.

Аналізуючи рис.7,8 можемо бачити, що ГПЗ може бути ще більше підвищеною при застосуванні декількох БЛА. Ефективність застосування множини БЛА залежить від кількості вузлів МА в мережі та розміру району розташування МА. При більшій кількості МА або при меншому районі розташування МА ГПЗ буде більшою для заданої кі-

лькості БЛА, оскільки МА матимуть більш міцну зв'язність між собою.

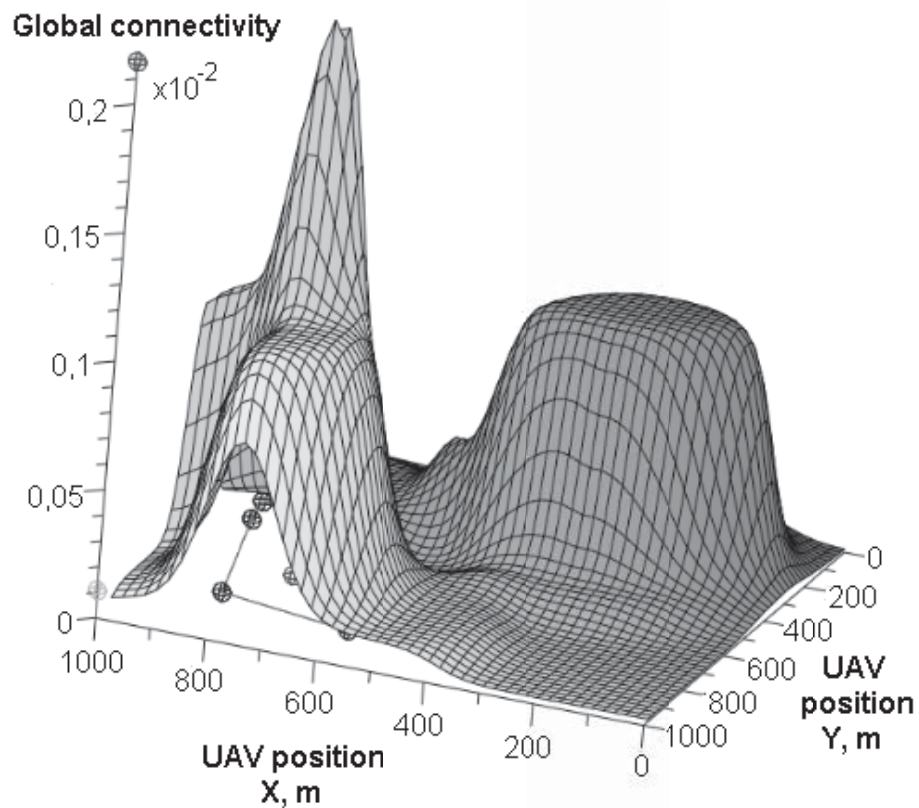


Рисунок 6 – Залежність ГПЗ від розміщення 1БЛА (N=8)

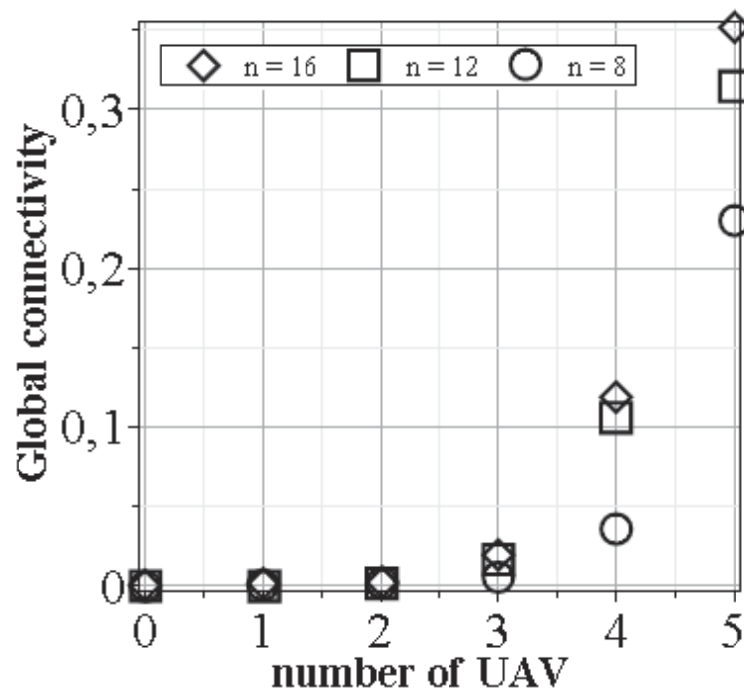
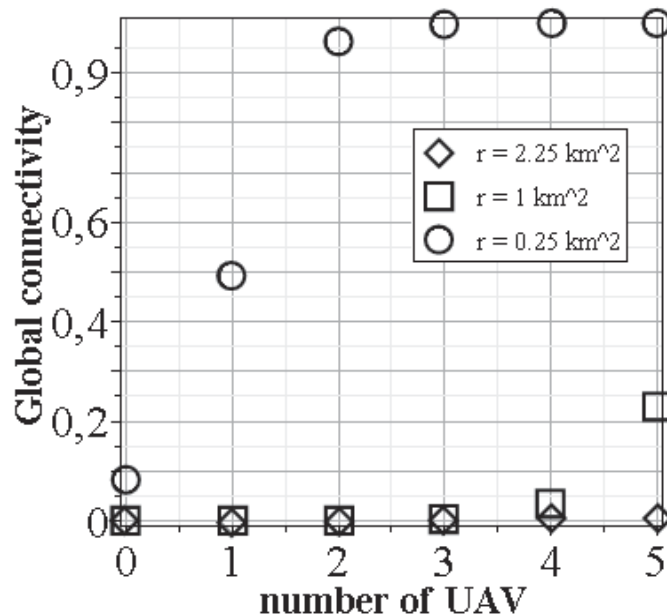


Рисунок 7 – Залежність ГПЗ від кількості БЛА (при  $r=1\text{км}^2$ )

Рисунок 8 – Залежність ГПЗ від кількості БЛА (при  $N=8$ )

### Висновки

В даній роботі запропоновані показники локальної (СІЗ та ІЗ) та глобальної (ГПЗ) структурної надійності БЕМ, що враховують одночасно як структурні, так й функціональні характеристики мережі. Використання запропонованих показників для оцінки надійності БЕМ дозволяє оцінити не тільки потенційну надійність мережі – верхню межу структурної надійності мережі, а й її надійність з урахуванням алгоритму обслуговування заявок в вузлах мережі (протоколу МД), плану розподілення потоків (протоколу маршрутизації), обмежених пропускних спроможностей каналів. На прикладі мереж з різноманітною структурою було показано, що ймовірність зв'язності між вузлами мережі істотно залежить не тільки від надійності ребер (ліній зв'язку) мережі, а й від ймовірності наявності в даний момент часу вільних каналних ресурсів.

Для підвищення вище вказаних локальних та глобального показників структурної надійності БЕМ запропоновано алгоритми розміщення додаткових вузлів, роль яких виконують БЛА. Приріст ГПЗ від застосування одного БЛА може сягати понад 500%. При застосуванні більше ніж одного БЛА структурна надійність може бути ще більш підвищена.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Романюк В.А. Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий // Сети и телекоммуникации. – 2003. – №12. – С. 62–68.
2. Мизин И.А., Богатырев В.А., Кулешов А.П. Сети коммутации пакетов / Под ред. В.С. Семенихина. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
3. Надежность и живучесть систем связи / Под ред. Б.Я. Дудника. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.
4. Лисенко О.І., Валуйський С.В. Метод оптимального управління топологією мережі безпілотних літальних апаратів за критерієм підвищення зв'язності безпроводових ad-hoc мереж // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2010. – вип.2(14). – С. 218–224.
5. Калекина Т.Г., Коваленко Т.Н. Обоснование критерия структурно-информационной связности при анализе надежности телекоммуникационных систем // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2010. – №1. – С. 66–70.
6. Минович А.И., Романюк В.А. Методы множественного доступа в мобильных радиосетях // Зв'язок. – 2004. – № 2. – С. 46–50.
7. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие. – К.: Изд-во «Киевский университет», 2003. – 247 с.
8. Жиглявский А.А., Жилинкас А.Г. Методы поиска глобального экстремума. – М.: Наука, 1991. – 248 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ ОРГАНА ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ

*Работа посвящена анализу эффективности работы нейронных сетей для оценки состояния тканей шейки матки по изображениям. Приведен метод диагностики, в котором нейронные сети используются для прогнозирования процентного содержания разных типов тканей на органе.*

*Ключевые слова: нейронные сети, сегментация, диагностика.*

### Введение

В данной работе рассмотрена возможность классификации типов тканей по мультиспектральному изображению шейки матки. Такая задача продиктована необходимостью ранней диагностики заболевания, используя компьютерную систему, которая поможет врачу определить области с большим риском возникновения раковой трансформации ткани.

Нами выполнена работа с изображениями, полученными при кольпоскопических тестированиях, применяя различные фильтры. В качестве исходных данных собрана информация о 185 пациентках. Каждая из них проходила кольпоскопическое обследование, и каждой была сделана биопсия в 1-4 местах. Место где была проведена биопсия отмечено на изображении. Результатом биопсии является процентное содержание эпителия. Для каждой пациентки есть 16-канальное изображение органа.[1].

Всего на шейке матки может быть 6 типов тканей. 3 из них считаются безопасными (нормальными) и присутствуют на нормальном здоровом органе. Squamous-плоский эпителий и Columnar-колойцитный, Metaplasia-доброкачественные изменения тканей. Однако, есть еще 3 типа ткани, которые являются опасными и могут быть либо предшественниками ракового заболевания, либо свидетельствовать о его наличии (CIN1 - дисплазия легкой степени, CIN2 - дисплазия умеренной степени, CIN3 - интраэпителиальная неоплазия тяжелой степени, понятие объединяет тяжелую дисплазию и внутриэпителиальный рак)[2].

### Постановка задачи

Схожие типы тканей имеют схожие оптические свойства. Отличие между разными типами тканей более существенно, чем отличие между одинаковыми тканями у разных пациентов. Таким образом, имея 16-канальные изображения можно точнее определить схожие оптические свойства тканей.

На первом этапе работы необходимо сформировать исходные данные. В месте, в котором была сделана биопсия выделяется область размером  $20 \times 20$  пикселей, таким образом, захватывается текстура ткани с места, где была сделана биопсия. Для каждого случая формируем  $16 \times 20 \times 20 = 6400$  входных переменных. Для уменьшения размерности данных использован МГК (который дал возможность получить 14 главных компонент которые отвечают за 95% вариаций переменных)

Затем проводится обучение нейронных сетей на полученных данных.

Далее проводится сегментация изображений при помощи самоорганизующихся карт Кохонена и алгоритма к-средних.

После сегментации изображений выделяем на каждом сегменте область  $20 \times 20$  пикселей и трансформируем при помощи МГК (используя ту же матрицу трансформаций, что и на начальном этапе)

Далее проверяем каждый сегмент при помощи ранее обученных нейронных сетей.

### Методы

Основные идеи метода обратного распространения ошибок.

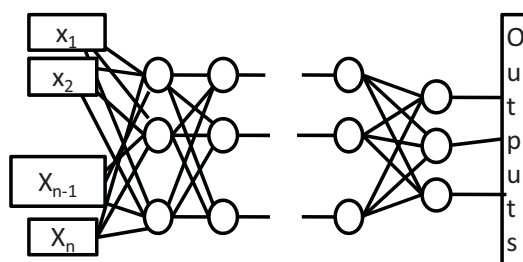


Рисунок 1 – Нейронная сеть

На рис.1 изображена нейронная сеть. У сети есть входы  $x_1, \dots, x_n$ , выходы *Outputs* и внутренние узлы. Перенумеруем все узлы (включая входы и выходы) числами от 1 до  $N$ . Обозначим через  $w_{i,j}$  вес, стоящий на ребре, соединяющем  $i$ -й и  $j$ -й узлы, а через  $o_i$  — выход  $i$ -го

узла. Для  $m$  тестовых примеров с целевыми значениями выходов  $\{t_k^d\}$   $d = 1..m, k \in Outputs$  функция ошибки выглядит так:

$$E(\{w_{i,j}\}) = \frac{1}{2} \sum_{d=1} \sum_{k \in Outputs} (t_k^d - o_k(x_1^d, \dots, x_n^d))^2.$$

Для модификации весов реализуется стохастический градиентный спуск, то есть подправляются веса после каждого тестового примера. Нужно двигаться в сторону, противоположную градиенту, то есть добавлять к каждому весу  $w_{i,j}$   $\Delta w_{i,j} = -\eta \frac{\partial E^d}{\partial w_{i,j}}$ , где

$$E^d(\{w_{i,j}\}) = \frac{1}{2} \sum_{k \in Outputs} (t_k^d - o_k)^2 [3].$$

### Структура RBF сети (Radial Basis Function Network)

RBF сети- сети с радиально-симметричными функциями в однослойных сетях, имеющих структуру, представленную на рисунке 2.

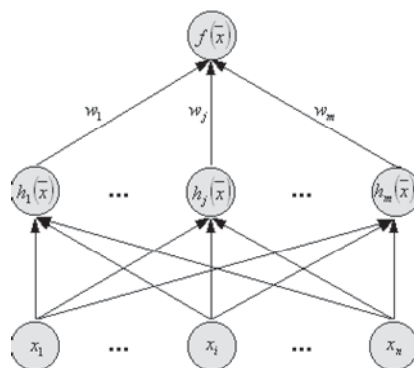


Рисунок 2 – Структура RBF сети

То есть, каждый из  $n$  компонентов входного вектора подается на вход  $m$  базисных функций и их выходы линейно суммируются с весами:

$$f(\bar{x}) = \sum_{j=1}^m w_j h_j(\bar{x})$$

Каждый нейрон скрытого слоя вычисляет гауссову функцию преобразования

$$h(\bar{x}) = \left( -\frac{\|\bar{x} - \bar{c}\|^2}{r^2} \right)$$

Таким образом, выход RBF сети является линейной комбинацией некоторого набора базисных функций:

$$f(\bar{x}) = \sum_{j=1}^m w_j h_j(\bar{x})$$

Радиально-базисная сеть характеризуется тремя особенностями:

1. Единственный скрытый слой
2. Только нейроны скрытого слоя имеют нелинейную активационную функцию
3. Синаптические веса связей входного и скрытого слоев равны единице[4].

### Каскадные нейронные сети

Начинается с входного и выходного слоев, строится иерархия скрытых нейронов: Feed-forward network -  $n$  входов,  $m$  выходов,  $h$  скрытых

Нейроны скрытого слоя расположены горизонтально: входы подаются с входного слоя и со всех предшествующих скрытых нейронов и  $i$ -й нейрон имеет  $n + (i-1)$  входов

Выходные нейроны связаны со всеми входами и нейронами скрытого слоя

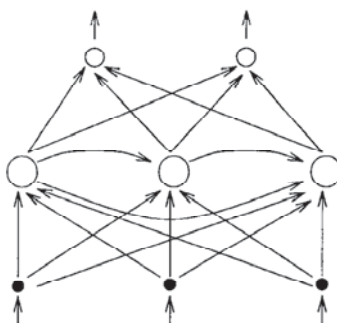


Рисунок 3 – Структура каскадной нейронной сети

Выходное значение  $i$ -го нейрона скрытого слоя:

$$z_i = \sigma \left( \sum_{j=0}^n w_{ij} x_j + \sum_{j=1}^{i-1} w_{i(n+j)} z_j \right), \text{ для } i=1...h$$

$$\text{выходов: } y_i = \sigma \left( \sum_{j=0}^{n+h} v_{ij} z_j \right), \text{ для } i=1,...,m$$

Начинают с минимальной конфигурации сети ( $h = 0$ ). Работа сети выполняется, пока не будет удовлетворять следующие условия:

- инициализируется набор кандидатов для нового скрытого нейрона, то есть соединить их с входными нейронами;
- адаптируются их веса для того, чтоб максимизировать корреляцию между их выходами и ошибкой нейронной сети;
- выбор лучшего кандидата и соединение его с выходами;
- адаптируются веса выходных нейронов[5].

### Карты Кохонена

Сети, называемые картами Кохонена, - это нейронные сети которые используют при неконтролируемом обучении.

Самоорганизующаяся сеть подразумевает использование упорядоченной структуры нейронов. Обычно используются одно и двумерные сетки. При этом каждый нейрон представляет собой  $n$ -мерный вектор-столбец

$$w = w_1, w_2, \dots, w_n,$$

где  $n$  определяется размерностью исходного пространства (размерностью входных векторов),  $w_i$  вес  $i$ -го нейрона.

Начальная инициализация карты

1. Инициализация случайными значениями, когда всем весам даются малые случайные величины.
2. Инициализация примерами, когда в качестве начальных значений задаются значения случайно выбранных примеров из обучающей выборки
3. Линейная инициализация. В этом случае веса инициализируются значениями векторов, линейно упорядоченных вдоль линейного подпространства, проходящего между двумя главными собственными векторами исходного набора данных. Собственные вектора могут быть найдены, например, при помощи процедуры Грама-Шмидта[6].

Обучение состоит из последовательности коррекций векторов, представляющих собой нейроны. На каждом шаге обучения из исходного набора данных случайно выбирается один из векторов, а затем производится поиск наиболее похожего на него вектора коэффициентов нейронов. При этом выбирается нейрон-победитель, который наиболее похож на вектор входов. Если обозначить нейрон-победитель как  $c$ , то вес  $i$ -го нейрона  $|x - w_c| = \min\{|x - w_i|, |w_i|\}$ .

Для модификации весовых коэффициентов используется формула:

$$w_i(t+1) = w_i(t) + h_{ci}(t) * [x(t+1) - w(t)],$$

где  $t$  обозначает номер эпохи. Вектор  $x(t)$  выбирается случайно из обучающей выборки на итерации  $t$ ,  $w_i$  - вес  $i$ -го нейрона

Функция  $h(t)$  называется функцией соседства нейронов. Эта функция представляет собой невозрастающую функцию от времени и расстояния между нейроном-победителем и соседними нейронами в сетке. Эта функция разбивается на две части: собственно функцию расстояния и функции скорости обучения от времени. Обычно приме-

няются такие функции: Гауссова функция  $h(d, t) = e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2(t)}}$  также могут

использоваться усеченная Гауссова  $h(d, t) = e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2(t)}} 1(\sigma(t) - d)$  и колокооб-

разная  $h(d, t) = \begin{cases} \alpha(t), & d \leq \sigma(t) \\ 0, & d > \sigma(t) \end{cases}$ ,  $\sigma(t)$  - радиус функции соседства в пери-

од времени  $t$ ,  $d$  - расстояние между нейронами сетки,  $\alpha(t)$  - темп обучения [7].

#### Алгоритм К-средних

Работа алгоритма изображена на рисунке 4. Работа заключается в том, чтобы минимизировать дисперсию на точках каждого класте-

ра:  $V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$ , где  $k$  - число кластеров,  $S_i$  - полученные класте-

ры,  $i=1, 2, \dots, k$  и  $\mu_i$  - центры масс векторов [8].

#### Результаты работы

В Таблице 1 приведены результаты прогнозирования процентного содержания разных типов тканей. Качество решения задачи оценки состояния эпителия определяется средней ошибкой между прогнозированным и выявленным доктором после биопсии. Проводилось 3 эксперимента. В первом прогнозировалось процентное содержание 6 типов эпителия, во втором прогнозировалось процентное содержание трансформированного эпителия до обучения, и в третьем процентное содержание трансформированного эпителия после обучения.

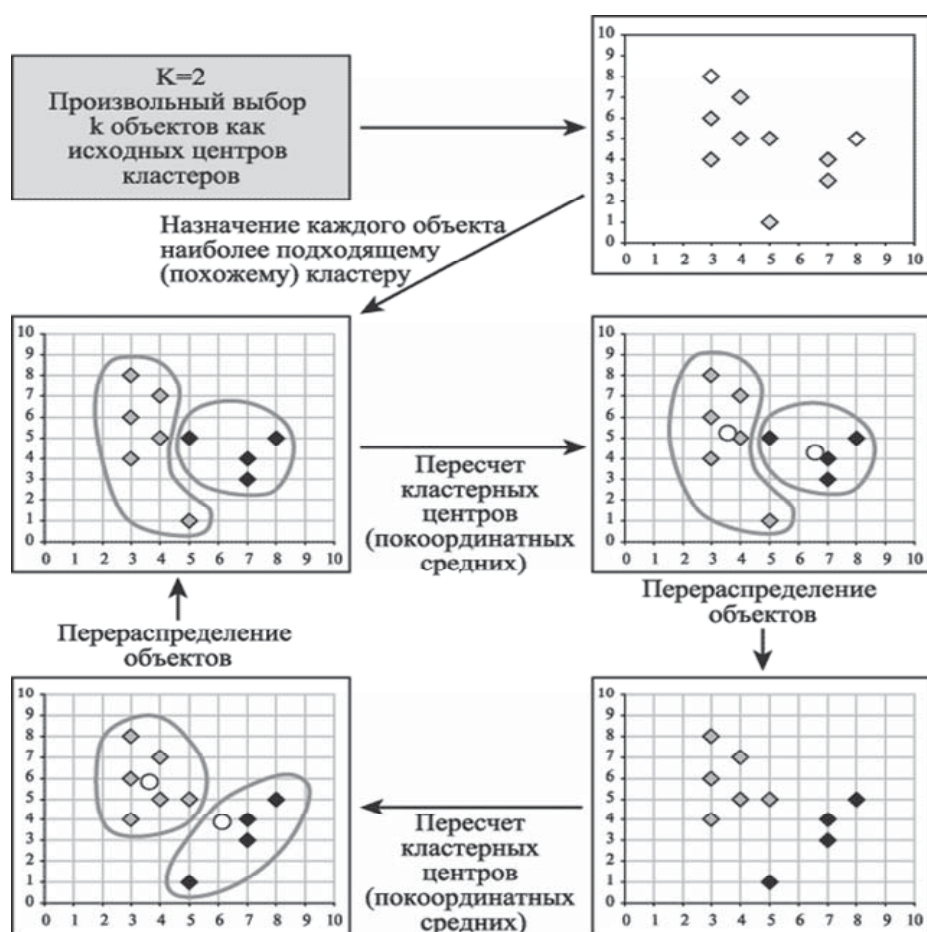


Рисунок 4 – Алгоритм К-средних

Таблица 1

Результаты прогнозирования состояния эпителия (средняя ошибка)

|                                    | Каскадная<br>нейронная<br>сеть | Нейронная сеть с ал-<br>горитмом обучения<br>Back Propagation | Сеть<br>RBF |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|
| 6 типов тканей                     | 0.0479                         | 0.0584                                                        | 0.0610      |
| CIN1+CIN2+CIN3 (до<br>обучения)    | 0.0768                         | 0.0865                                                        | 0.0446      |
| CIN1+CIN2+CIN3<br>(после обучения) | 0.0724                         | 0.0837                                                        | 0.0659      |

Из Таблицы 1 видно, что сети радиального базиса дают наилучший результат. Каскадные нейронные сети и сеть с обратным распространением ошибки дают, приблизительно, одинаковый результат.

Таблица 2

Результаты классификации состояния эпителия по 6 типам (4 класса)

|                         | Каскадная<br>нейронная сеть | Нейронная сеть с алго-<br>ритмом обучения Back<br>Propagation | Сеть<br>RBF |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|
| Ложно-<br>отрицательные | 0.0854                      | 0.0987                                                        | 0.0833      |
| Ложно-<br>положительные | 0.0508                      | 0.0417                                                        | 0.0433      |
| корректные              | 0.8713                      | 0.8596                                                        | 0.8458      |

В Таблице 2 приведены результаты классификации. В качестве критерия эффективности классификации используется ошибка первого и второго рода. В эксперименте проводится классификация (по процентному содержанию) каждого из 6 типов состояния эпителия на 4 класса (1 класс –  $[0.0, 0.25]$ , 2 класс –  $(0.25, 0.50]$ , 3 класс –  $(0.50, 0.75]$ , 4 класс –  $(0.75, 1.00]$ ).

Далее на рисунке 5 показана сегментация изображений при помощи Карт Кохонена (первая строка) и алгоритма К-средних (вторая строка).

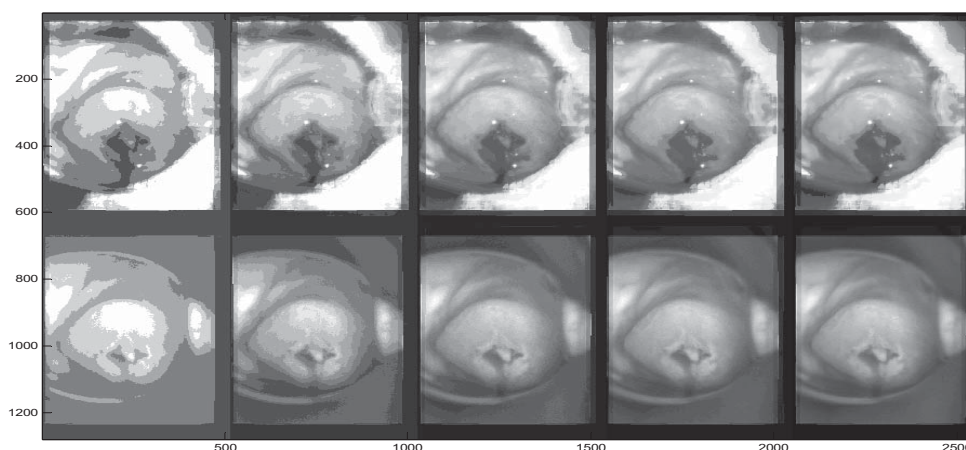


Рисунок 5 – Сегментация изображений используя Карты Кохонена и Алгоритм К-средних

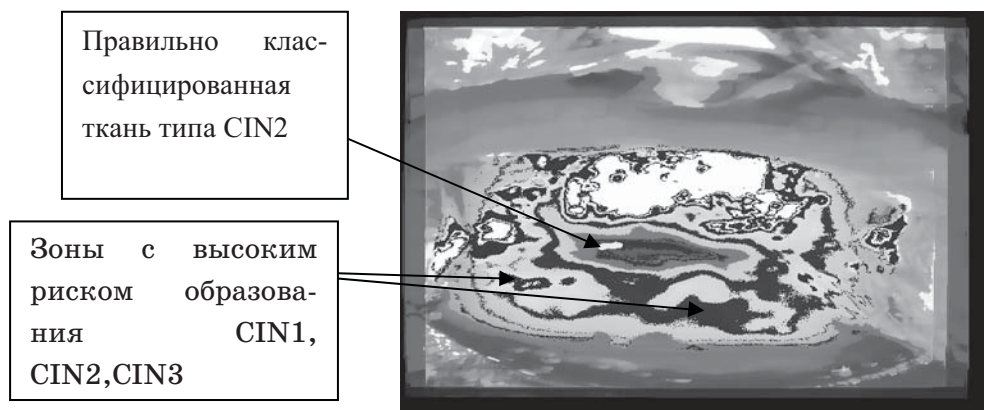


Рисунок 6 – Пример правильного прогноза типа ткани

На рисунке 6 показан результат прогноза типа ткани по биопсии путем проверки каждого сегмента при помощи ранее обученных нейронных сетей.

### Выводы

В работе было исследовано применение нейронных сетей для задачи классификации типов тканей шейки матки по мультиспектральным изображениям

- Проведенные исследования показали целесообразность использования нейронных сетей для решения поставленной задачи. При этом сети радиального базиса всегда дают значительно лучшие результаты, чем другие, представленные в работе.
- Использование разных способов предварительной обработки данных дают значительное улучшение результатов работы. Выделение квадрата в месте, где была сделана биопсия является более эффективным чем просто вычисление среднего значения по области, так как таким образом учитывается структура ткани.
- Для сегментации изображений лучше использовать самоорганизующиеся карты Кохонена, так как они более точно выделяют разные типы тканей

### ЛИТЕРАТУРА

1. Schoonmaker J. et al. Automatic Segmentation of Uterine Cervix for in vivo Localization and Identification of Cervical Intraepithelial Neoplasia // Apogen Technologies 2007
2. Koss L.G. The complex test for cervical cancer detection. In: The Journal of the American Medical Association. – 1989

3. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем. Начальный посібник – К.: Видавничий Дім «Слово», 2004
4. Domagoj Kovacevic, Sven Loncaric Radial Basis Function-based Image Segmentation using a Receptive Field //Computer-Based Medical Systems. – 1997. Proceedings., Tenth IEEE Symposium – 126-130
5. Scott E. Fahlman, Christian Lebiere: The Cascade-Correlation Learning Architecture. NIPS 1989: 524-532
6. Kohonen T. 1997 "Self-Organizing Maps"(2-nd edition), Springer, 1997.
7. Стариков А. 2000 BaseGroup 2000.
8. Чубукова И.А. Data Mining // БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 г., 384 стр.

## **ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ НА ОБРАБОТКУ ИЗБЫТОЧНОЙ ТРАЕКТОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*В роботі проводяться дослідження стійкості розроблених раніше методів обробки надмірної траєкторної інформації до аномальних похибок вимірів у складі первинних параметрів.*

*Ключові слова: траєкторні виміри, аномальна похибка, алгоритм.*

### **Постановка задачи**

При проведении траекторных измерений возможны аномальные (грубые) ошибки измерений (сбои). Наличие в первичных координатах значений, содержащих аномальные ошибки измерений, негативно сказывается на результатах. При обнаружении сбойного значения данное измерение необходимо исключить из обработки. Это сделать не всегда возможно вследствие трудностей, связанных с обнаружением сбоев.

Отсюда возникает необходимость исследования поведения алгоритмов обработки избыточной траекторной информации при обработке измерений, содержащих аномальные ошибки.

Исследованию подвергаются разработанные ранее алгоритмы последовательной реализации пространственной и временной избыточности данных внешнетраекторных измерений (ВТИ) [6-8].

### **Анализ последних исследований**

Обычно для отбраковки грубых ошибок измерений применяются различные методы в зависимости от того, известна ли среднеквадратическая ошибка (СКО) измерений [11]. В последнее время было разработано несколько методов отбраковки аномальных ошибок измерений [2-5, 12].

Поскольку все перечисленные выше методы являются статистическим, остается вероятность наличия аномальных ошибок в составе первичных параметров, поступающих на основную обработку.

### **Цели статьи**

Целью данной работы является исследование поведения алгоритмов обработки избыточной траекторной информации в случае, когда

измерения, содержащие аномальные ошибки, не были отбракованы на этапе предварительной обработки.

### Основная часть

По использованию первичной информации о траектории объекта методы обработки данных ВТИ делятся на простые и обобщенные. Простыми называются методы, основанные на использовании минимально-необходимого ( $m=3$ ) или минимально-избыточного ( $m=4$ ) объема первичных данных измерений. Обобщенными называются методы, использующие всю избыточную траекторную информацию [1]. При этом избыточность данных ВТИ может быть временной и пространственной. Временная избыточность (ВИ) возникает при высокой частоте измерения данных. Пространственная избыточность является следствием дублирования измерений различными средствами.

Простые методы обработки данных ВТИ обладают существенными недостатками [6, 8], что при современном уровне развития техники делает непригодным их использование для контроля траекторий летательных и космических аппаратов. Для повышения точности и достоверности результатов наблюдения траекторий целесообразно использовать всю имеющуюся избыточную траекторную информацию с учетом неравноточности измерительных средств.

Алгоритмы, исследуемые в данной работе, основаны на двух методах обработки избыточной траекторной информации. Это обобщенный метод обработки данных ВТИ, позволяющий реализовать всю ПИ данных измерений [9], и алгоритм адаптивного линейного сглаживания, реализующий ВИ траекторной информации [10]. Эти методы были разработаны профессором Огороднийчуком Н. Д. в 60-х гг. и имеют ряд преимуществ по сравнению с простыми методами.

В работах [6-8] нами был предложен метод повышения точности определения вторичных координат объекта путем последовательной реализации ПИ и ВИ данных измерений.

Рассмотрим в общих чертах разработанные методы. На рисунке 1 представлен первый вариант (далее – «ВАРИАНТ 1») алгоритма последовательной реализации ПИ и ВИ.

В этом случае данные, поступающие с измерительных станций, на первом шагу обрабатываются обобщенным методом, вследствие чего реализуется ПИ траекторной информации. Далее равноточные вторичные координаты подвергаются сглаживанию при помощи алгори-

тма адаптивного линейного сглаживания, вследствие чего реализуется ВИ данных измерений.

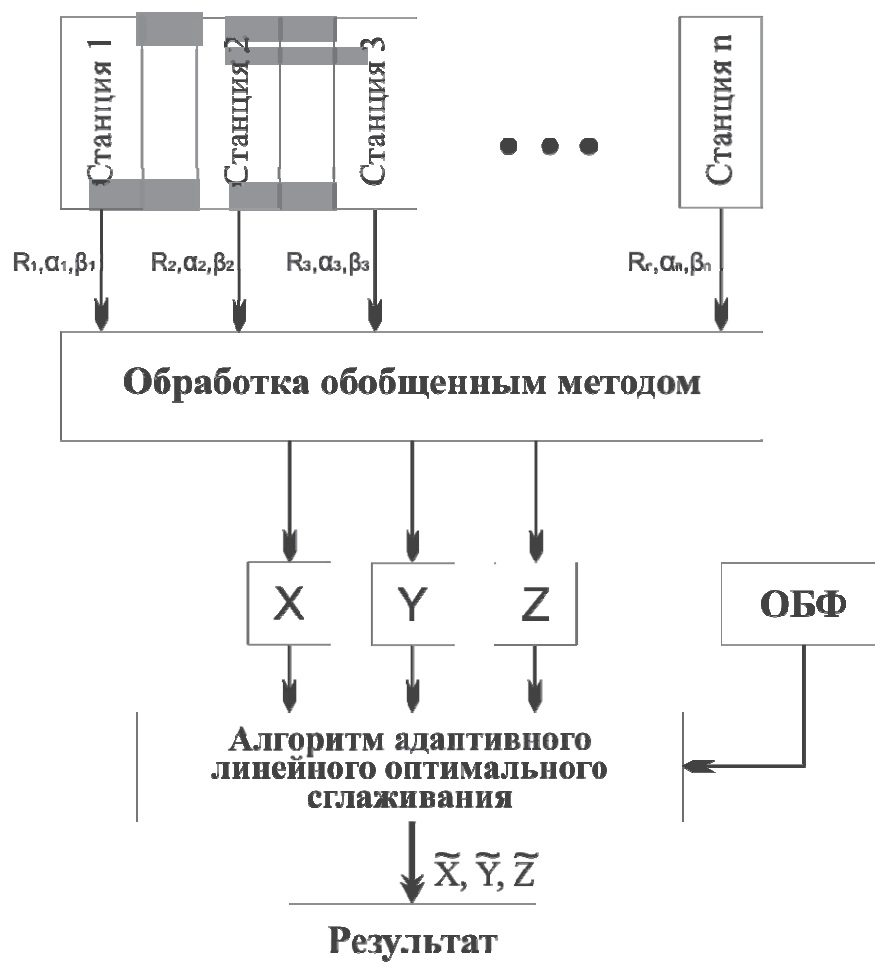


Рисунок 1 – Алгоритм последовательной реализации ПИ+ВИ

Второй вариант (далее – «ВАРИАНТ 2») алгоритма последовательной реализации избыточностей выглядит несколько иначе. На первом шагу сглаживанию подвергаются неравноточные первичные координаты с измерительных станций, вследствие чего реализуется ВИ данных измерений. Далее сглаженные первичные координаты поддаются обработке обобщенным методом для реализации ПИ траекторной информации (рис. 2).

Теперь перейдем к исследованию поведения представленных методов при условии наличия аномальных ошибок в составе измеренных первичных параметров. Аномальными будем считать ошибки, превышающие СКО в 3 и более раза. Ставится задача исследовать точностные характеристики методов обработки данных траекторных измерений в случае, если сбои не были исключены на этапе предварительной обработки.

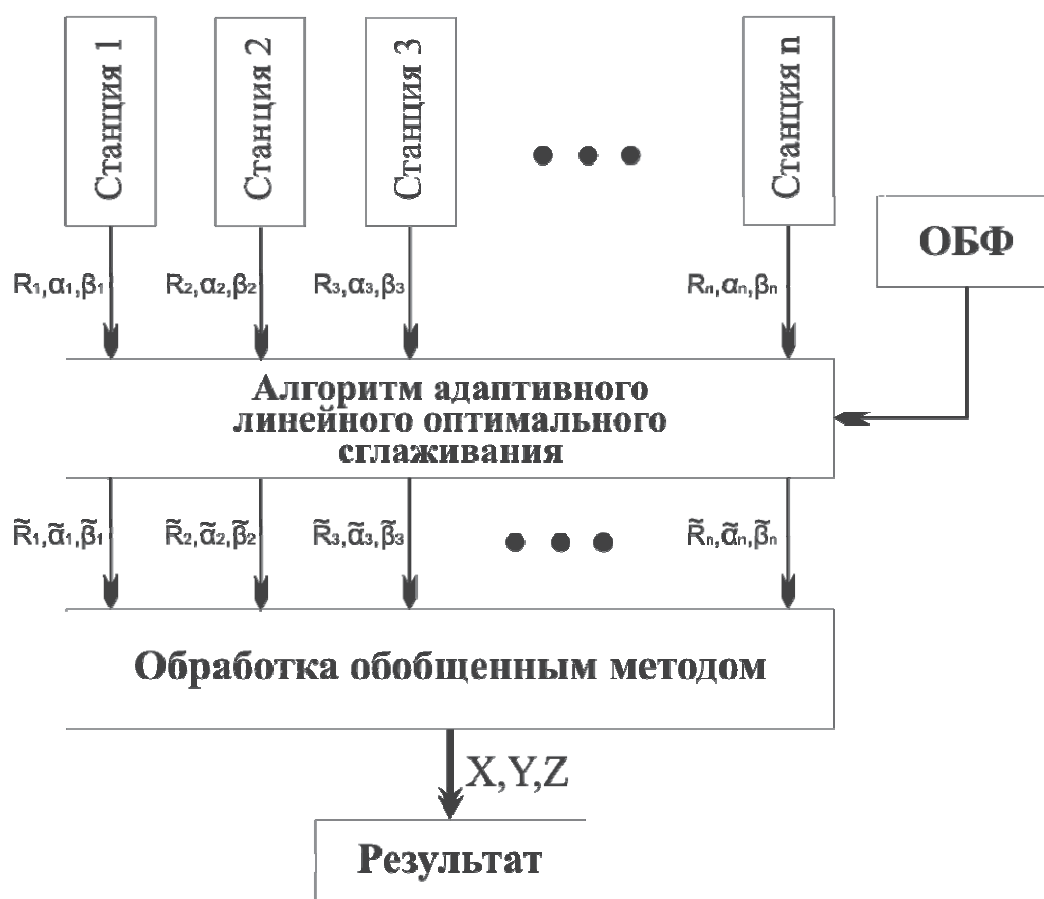


Рисунок 2 – Алгоритм последовательной реализации ВИ+ПИ

В процессе исследования рассматривались следующие случаи:

- одиночный сбой;
- группа из двух последовательных сбоев одного знака;
- группа из двух последовательных сбоев разных знаков;
- группа из трех последовательных сбоев одного знака;
- группа из трех последовательных сбоев разных знаков;
- группа из четырех последовательных сбоев одного знака.

Исследование влияния аномальных ошибок измерений на результат обработки проводилось по следующему алгоритму: для наглядности аномальные ошибки накладывались на измеренное значение дальности, а затем отслеживался результат обработки на каждом этапе. При моделировании сбоя выбирались кратными СКО измерений. В качестве результатов обработки для примера представим случай, когда использовался алгоритм «ВАРИАНТ 1» и в составе первичных параметров имелось три последовательных сбоя разных знаков. Результат обработки представлен на рис. 3.

**Часть траектории, содержащая грубые ошибки измерений**

| № точки   | Ideal_R   | Real_R    | Smooth_R  | Ideal(X,Y,Z)        | Real(X,Y,Z)                | Final(X,Y,Z)               |
|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 47        | 1174.0134 | 1188.856  | 1190.3362 | (1000; 598.4; 470)  | (1012.44; 593.09; 476.12)  | (999.86; 598.2; 469.98)    |
| 48        | 1149.3656 | 1141.1088 | 1163.4746 | (1000; 692.5; 480)  | (992.99; 695.01; 476.41)   | (978.62; 782.71; 469.78)   |
| 49        | 1131.257  | 1114.3564 | 1163.4746 | (1000; 791.2; 490)  | (985.08; 794.1; 482.6)     | (979.51; 877.03; 479.93)   |
| 50 СБОЙ ! | 1121.334  | 1335.2803 | 1163.4746 | (1000; 893.3; 500)  | (1190.7; 872.71; 594.78)   | (980.34; 976.81; 490.1)    |
| 51 СБОЙ ! | 1120.7431 | 778.8312  | 1163.4746 | (1000; 1000; 510)   | (695.14; 1000.11; 355.19)  | (980.15; 1082.79; 499.81)  |
| 52 СБОЙ ! | 1131.1618 | 1379.6484 | 1163.4746 | (1000; 1114.9; 520) | (1219.56; 1139.92; 633.63) | (979.03; 1197.59; 509.09)  |
| 53        | 1155.9935 | 1160.9711 | 1146.3116 | (1000; 1244; 530)   | (1004.23; 1245.27; 532.32) | (999.7; 1244.38; 529.94)   |
| 54        | 1201.6753 | 1162.57   | 1291.7393 | (1000; 1395.7; 540) | (967.41; 1383.05; 522.47)  | (999.11; 1395.97; 539.55)  |
| 55        | 1278.9189 | 1236.0229 | 1437.167  | (1000; 1580.8; 550) | (966.56; 1561.26; 531.57)  | (999.57; 1580.62; 549.72)  |
| 56        | 1403.3963 | 1444.4121 | 1582.5947 | (1000; 1812.5; 560) | (1028.98; 1836.56; 576.23) | (1000.41; 1812.52; 560.24) |

\* Закрыть

Рисунок 3 – Три аномальные ошибки (+4 СКО, -6 СКО, +5 СКО)

В таблице приняты следующие обозначения:

- порядковый номер точки траектории (всего – 101 точка);
- IdealR – точное значение наклонной дальности до объекта, измеренное данной станцией;
- RealR – измеренное значение наклонной дальности (т.е., значение, в котором присутствует ошибка);
- SmoothR – значение наклонной дальности после сглаживания (на данном этапе реализуется ВИ траекторной информации);
- Ideal(X,Y,Z) – истинные вторичные (X,Y,Z) координаты объекта;
- Real(X,Y,Z) – вторичные координаты (X,Y,Z) объекта, рассчитанные простым методом по измеренным первичным координатам, в которых содержатся ошибки;
- Final(X,Y,Z) – окончательный результат – вторичные координаты (X,Y,Z) объекта после обработки обобщенным методом (на данном этапе реализуется ПИ ВТИ, если она существует).

В результате исследования влияния аномальных ошибок измерений на результат при обработке избыточных данных ВТИ были получены следующие результаты:

- оба варианта последовательной реализации ПИ и ВИ устойчивы к одиночным сбоям разного знака;

- оба алгоритма устойчивы к нескольким последовательным сбоям, причем как одного знака, так и разных;
- при наличии двух и более измерительных станций результаты получаются точнее при использовании алгоритма «ВАРИАНТ 1»;
- при наличии одной измерительной станции (ПИ измерений отсутствует) для достижения необходимого результата достаточно использовать только алгоритм сглаживания;

Также необходимо заметить, что при использовании алгоритма «ВАРИАНТ 2» важное значение имеет соотношение количества последовательных сбоев и величины интервала локально-скользящего сглаживания. Для достижения наилучшего результата необходимо, чтобы число точек на интервале сглаживания в 4-5 раз превышало количество последовательных сбоев. Это связано с низкой точностью результатов на краях интервала сглаживания. Наивысшая точность достигается в середине и составляет  $3/5$  интервала сглаживания. При выборе слишком малого интервала сглаживания влияние грубых ошибок нейтрализуется не полностью. При значительном увеличении интервала сглаживания в результатах будут присутствовать методические ошибки. Вследствие этого, как показали исследования, целесообразно использовать локально-скользящее сглаживание с величиной интервала сглаживания в 13-15 точек.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанов П. А., Дулевич В. Е., Коростелев А. А. Космические траекторные измерения. Радиотехнические методы измерения и математическая обработка данных. - М.: Сов. радио, 1969. – 504 с.
2. Аким Э.Л., Горохова А.А., Киселева И.П., Степаньянц В.А., Тучин А.Г. Локальная обработка измерений радиосистемы межпланетных космических аппаратов. – М.: ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, 2002. – 441 с.
3. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии // Том 1. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 334 с.
4. Колодяжный А.Н. «Алгоритм исключения из обработки аномальных результатов измерений на основе использования вейвлет технологий» // Тезисы докладов 4-й международной конференции «Авиация и космонавтика-2005» - М.: МАИ, 2005. - с. 80.

5. Колодяжный А.Н. «Применение вейвлетов для выявления сингулярных выбросов в траекторных измерениях» // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», 2006, вып. 1 - с. 95 - 100.
6. Мотылев К. И., Михайлов М. В., Паслен В. В. Алгоритм последовательной реализации пространственной и временной избыточности траекторной информации – Тезисы докладов международной молодежной научно-практической конференции «Человек и космос». – Днепропетровск: НЦАОМУ, 2006. – 430с.
7. Мотылев К. И., Михайлов М. В., Паслен В. В. Обработка избыточной траекторной информации в измерительно-вычислительных системах // Научно-технический журнал „Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы” № 2(22). – Херсон: издание Херсонского национального технического университета, 2008. – 218 с.
8. Мотылев К. И., Паслен В. В. Метод повышения точности обработки данных траекторных измерений // Сборник докладов III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». – М.: издание ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, 2009. – 979 с.
9. Огороднийчук Н. Д. Обработка траекторной информации. - К.: изд. КВВАИУ, ч.1, 1981. – 224с.
10. Огороднийчук Н. Д. Обработка траекторной информации. - К.: изд. КВВАИУ, ч.2, 1981. – 144с.
11. Румшиский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
12. Стубарев Д. В. Исследование алгоритмов предварительной обработки данных траекторных измерений методами имитационного моделирования // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, № 10, 2006. – 418 с.

## ПРОЕКТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ВПЛИВУ СКЛАДУ І ЯКОСТІ ШИХТИ НА ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ АГЛОМЕРАЦІЇ

*Робота присвячена проектуванню нечіткої системи впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації. Вперше для побудови системи впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації застосовується нечіткий підхід, який імітує інженерну інтуїцію та дозволяє робити розрахунок прийнятності проектного рішення, аналізувати показники процесу агломерації.*

*Ключові слова: процес, агломерація, нечітка система, склад і якість шихти.*

**Вступ.** Поняття нечіткості інтуїтивно зрозуміло кожній людині, але його формалізація завжди викликала труднощі. Довгий час вважалося: все що потрібно для роботи з невизначеністю - це теорія ймовірностей. Однак, у міру того, як в область наших інтересів стали потрапляти питання, пов'язані з сприйняттям світу живими істотами і, зокрема, людиною, - адекватність теорії ймовірностей почала викликати сумніви. У практичних роботах стали використовуватися емпіричні моделі, які замінюють імовірнісну міру її сурогатами [1].

В області управління технологічними системами нечітке моделювання дозволяє отримувати адекватніші результати в порівнянні з результатами, які ґрунтуються на використанні традиційних аналітичних моделей і алгоритмів управління [4].

**Основна частина.** Агломерація – це процес окускування дрібних матеріалів (руд, концентратів, колошникового пилу) спіканням у результаті спалювання палива в шарі спікаемого матеріалу.

Дослідженнями [2] показано, що при вакуумному способі спікання окомкованої шихти введення вапна і застосування проката палива та вапна є найбільш ефективними засобами підвищення техніко-економічних показників агломераційного процесу. Наприклад, за рахунок поліпшення окомкування шихти при застосуванні проката палива та вапна питома продуктивність установки підвищується на 24-28%.

**Ціль роботи.** Розробити нечітку систему впливу складу і якості

шихти на показники процесу агломерації. Вивчити вплив окомкування шихти на показники процесу спікання під тиском. Дослідити рівні експертної інформації пов'язаної із процесом впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації.

**Функціональна схема нечіткої системи впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації.** За допомогою BPWin була створена функціональна схема впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації. Схема представлена на рисунку 1.

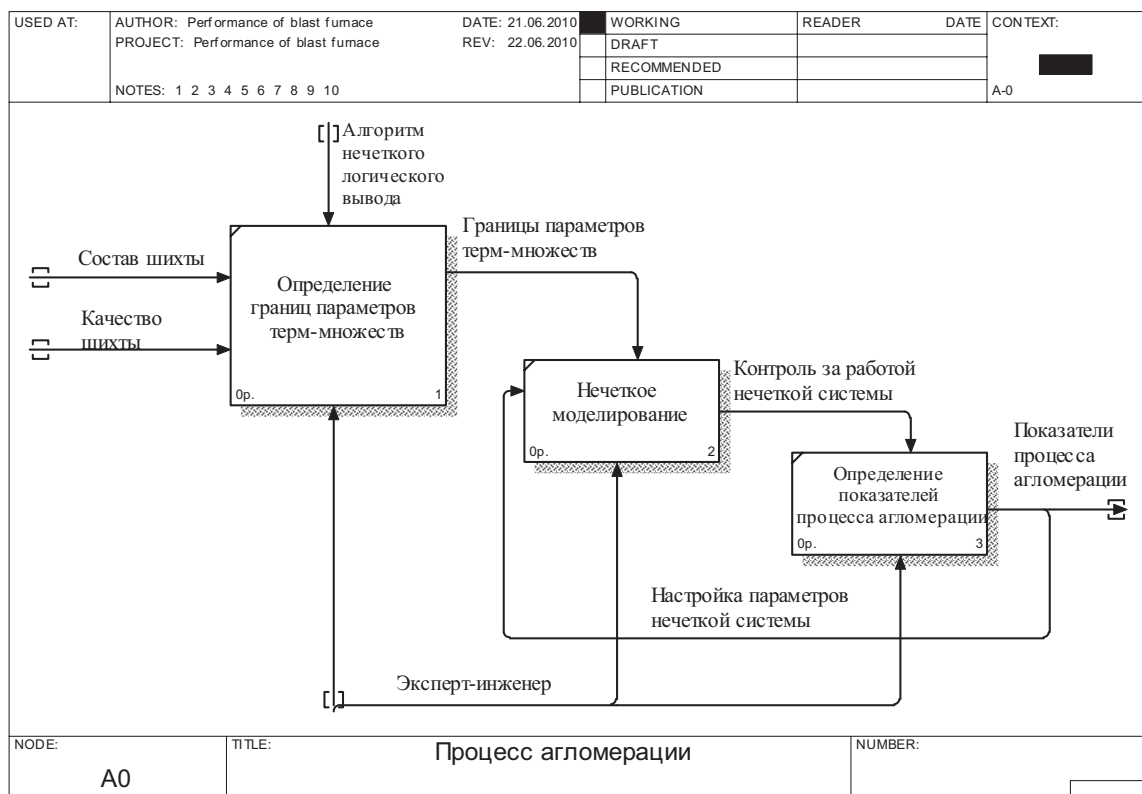


Рисунок 1 – Функціональна схема «Процес агломерації»

Нечітка система впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації. Враховуючі функціональні зв'язки (рис. 1) створено ефективну модель, реалізовану у вигляді системи нечіткого виводу. Ця модель, у свою чергу, дозволить визначити показники процесу агломерації, такі як питома продуктивність, швидкість спікання, міцність агломерату на підставі параметрів складу та якості шихти: процентного співвідношення руди, концентрату, флюсів, вапна, палива, повернення, а також кількості, діаметру, тиску та експертної інформації (фахівці кафедри металургії чавуну, НМетАУ, м. Дніпропетровськ).

При реалізації систем нечіткого висновку використані методи:

- мінімального значення логічної кон'юнкції;
- максимального значення логічної диз'юнкції в умовах нечітких правил;
- мінімального значення укладання в кожному з нечітких правил;
- максимального значення для агрегування значень функції приналежності кожної з вихідних змінних для укладання нечітких правил;
- центру тяжіння для дискретного безлічі значень функцій приналежності для виконання дефаззифікації вихідних змінних в системі нечіткого висновку.

На рисунку 2 показано механізм вводу - виводу впливу складу і якості шихти на процеси агломерації з використанням методів та алгоритмів нечіткого логічного виводу.

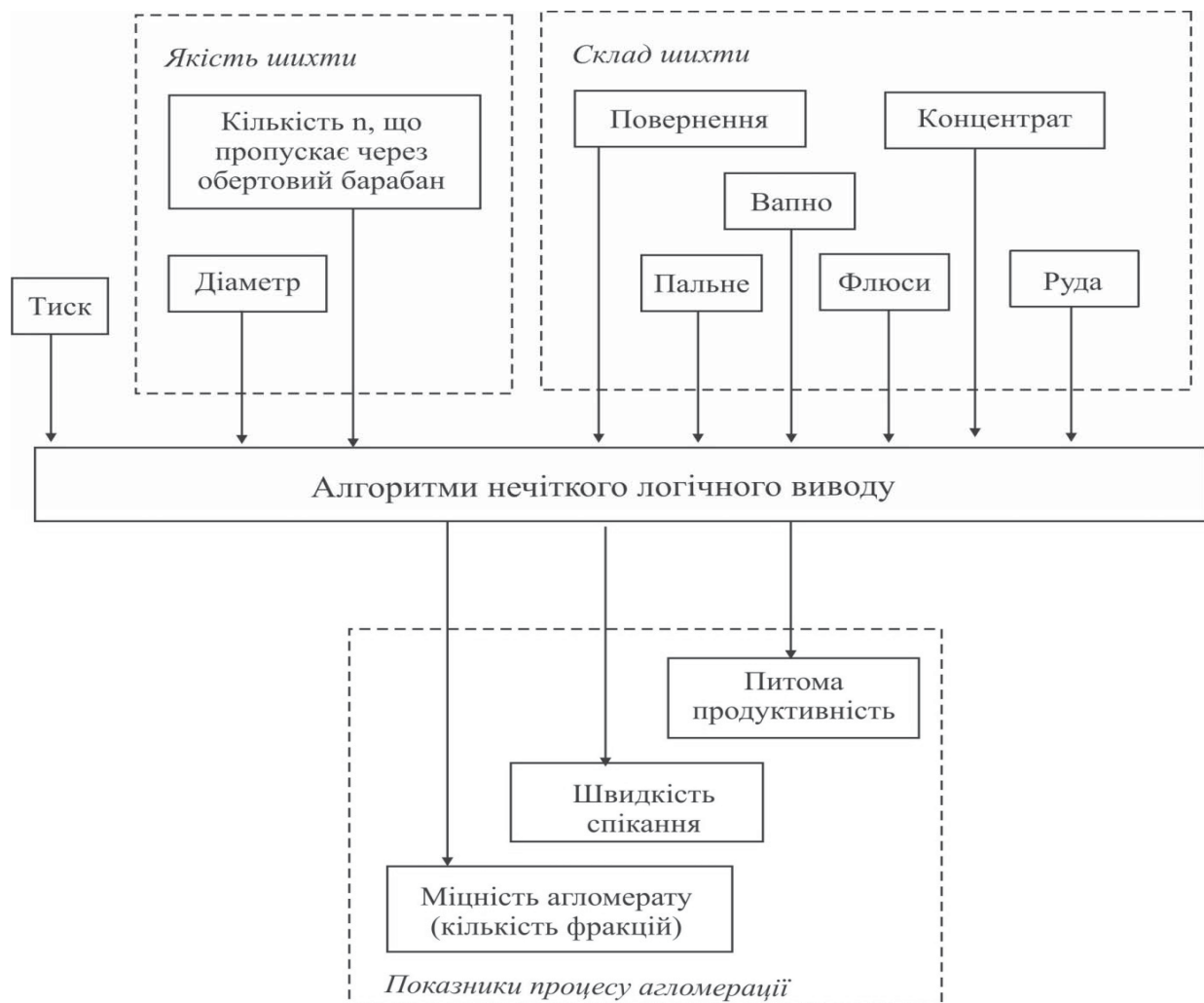


Рисунок 2 - Механізм вводу - виводу впливу складу і якості шихти на процеси агломерації

В результаті роботи з експертами кафедри Металургії чавуну НМетАУ, м. Дніпропетровськ були обрані границі термів та види функцій приналежності.

Характери і межі термів обрані у відповідності з даними, отриманими від експертів про показники складу і якості шихти. Для отримання вихідного сигналу використано метод центру тяжіння для дискретної множини значень функцій приналежності [3].

**Результати нечіткого моделювання:** при кількості руди рівному 32%, концентрату - 53.6%, флюсів - 24%, вапна - 27%, палива - 30%, повернення - 26%, кількості  $n = 2$ , діаметрі  $d = 1.9$ , тиску  $x = 0.8$  (під тиском), показники якості будуть рівні: питома продуктивність  $q_{уд} = 1.3$ , швидкість спікання  $v = 1.15$  мм/хв, міцність агломерату дорівнює 11, що відповідає (2-1) (10-5).

Адекватність отриманих результатів, перевірена на реальних технологічних параметрах впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації (таблиця 1) [6,7].

Таблиця 1

## Адекватність отриманих результатів

| Показники процесу агломерації               | Показники роботи нечіткої системи | Еталонні показники процесу агломерації | Відносна похибка, процент |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Руда, %                                     | 32                                | 36.0                                   | 11.1                      |
| Концентрат, %                               | 53.6                              | 50.0                                   | 7.0                       |
| Флюси, %                                    | 24                                | 24.7                                   | 2.8                       |
| Вапно, %                                    | 27                                | 27.8                                   | 2.8                       |
| Паливо, %                                   | 30                                | 24.8                                   | 20.9                      |
| Повернення, %                               | 26                                | 26.5                                   | 1.9                       |
| Кількість, $n$                              | 2                                 | 3                                      | 33.3                      |
| Діаметр, мм                                 | 1.9                               | 1.79                                   | 6.1                       |
| Тиск                                        | Під тиском                        | Під тиском                             | 0.0                       |
| Питома продуктивність, $q_{уд}$ , відн. од. | 1.3                               | 1.32                                   | 1.5                       |
| Швидкість спікання, $v$ , мм/хв             | 1.15                              | 1.19                                   | 3.4                       |
| Міцність агломерату (кількість фракцій)     | (2 - 1)<br>(10 - 5)               | (2 - 1)<br>(10 - 5)                    | 0.0                       |

Для остаточного аналізу розробленої нечіткої моделі представляється можливість перегляду поверхонь нечіткого висновку, рисунок 3. Поверхні нечіткого виведення служать для загального аналізу адекватності нечіткої моделі. При цьому вони дозволяють оцінити вплив зміни значень вхідних нечітких змінних на значення однієї з вихідних нечітких змінних [4, 5].

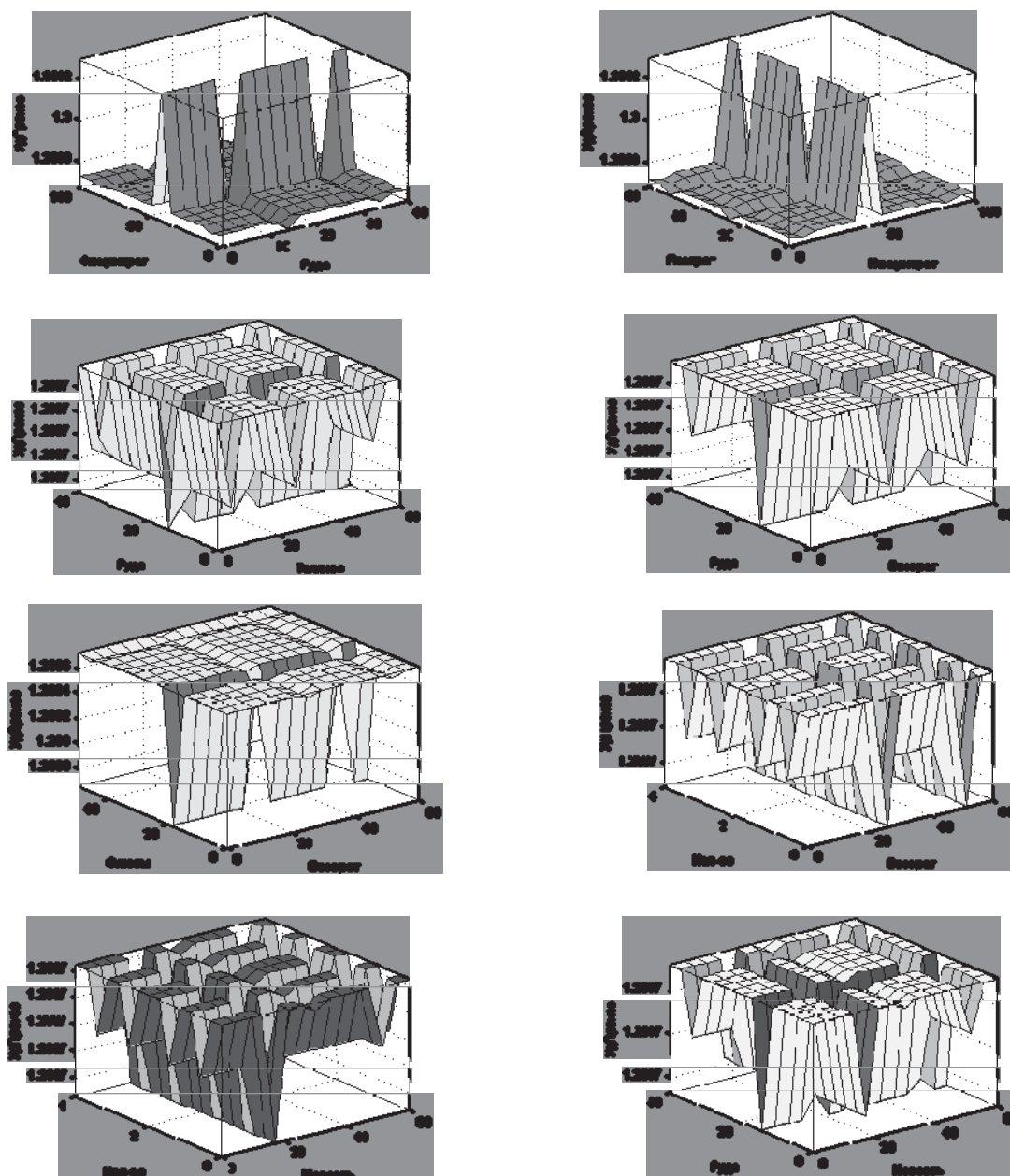


Рисунок 3 - Поверхні нечіткого виводу

**Висновки.** Створення нечітких моделей складних систем агломерації є потужним засобом їхнього дослідження, особливо, коли адек-

ватна математична модель розглянутої складної системи не може бути отримана традиційними аналітичними та статистичними методами. Крім того, побудова нечіткої моделі в більшості випадків здійснюється швидше, ніж при використанні класичних математичних методів.

На основі розробленої нечіткої системи процесу впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації досліджено рівні експертної інформації пов'язаної з процесом.

Адекватність отриманих результатів, перевірена на реальних технологічних параметрах обробки процесу агломерації (таблиця 1).

Застосування розробленої нечіткої моделі дозволяє прогнозувати показники складу і якості шихти без значних витрат часу та матеріальних ресурсів, створює передумови для одержання надалі матеріалів заздалегідь заданими технологічними параметрами процесу агломерації. В свою чергу прогнозування якості продукції полягає у визначенні рівня якості нових виробів, встановленні завдань та заходів щодо поліпшення сортаменту і якості продукції, що випускається, а також у забезпеченні цих завдань засобами для їх виконання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. - 167 с.
2. Коршиков Г.В., Невмержицкий Е.В., Хайков М.А. и др. // «Сталь». - 1974. - №1. - С.7-12.
3. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика искусственные нейронные сети: Учеб. пособие. - М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. - 224с.
4. Новикова Е.Ю. Математическое моделирование процессов металлургического производства с использованием методов нечеткого вывода: Дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02. - Д., 2008. - 142 с.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. - СПб.: БХВ - Петербург, 2003. - 736с.: ил.
6. Бережний М.М., Мовчан В.П. Збагачування та окискування сировини. Монографія. - Дніпропетровськ: Пороги - 2002 - 368 с.
7. Ковалёв Д.А., Ванюкова Н.Д., Гогенко О.А. // Проблемы металлургического производства (Респ. межвед. научно-техн. сб.) - № 104. - 1991. - С.70-73.

## АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА ЭКСПЕРТНОЙ МАТРИЦЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ФАЗЗИЛОГИКИ

*Предложен алгоритм заполнения ячеек экспертной матрицы комплексных информационно-аналитических исследований, построенный на основе теории нечётких множеств. В качестве инструмента обучения фаззимоделей предложено использовать нейронные сети (ANFIS) при этом было опробовано несколько известных алгоритмов с целью выбора наиболее эффективного в данном приложении. Приведен пример синтеза такой экспертной системы.*

*Ключевые слова: фаззилогика, матрица экспертных выводов, нечеткие множества, критерий, индуктивная процедура.*

### Введение

Применение в комплексных информационно-аналитических исследованиях (ИАИ) индуктивных принципов метода группового учета аргументов (МГУА) предполагает конструирование и использование специальных внешних критериев комплексного оценивания общего результата [1], который складывается из результатов более низкого порядка (назовем их «элементарными»). В данном случае общий результат удобно представлять в виде некоторой матрицы, элементы которой – оценки элементарных результатов. Поскольку в ИАИ такие оценки получают при помощи экспертов, то для их построения, по нашему мнению, достаточно адекватно и эффективно может быть использован аппарат нечетких множеств Л. Заде (аппарат фаззилогик) [2-7]. Действительно, этот аппарат оказывается особенно полезным в случаях, когда процессы и объекты системно-аналитических исследований являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно и/или неопределенно, а сама процедура анализа не поддается строгой математической трактовке. Кроме того, специальный развитый математический аппарат фаззилогик позволяет сконструировать адекватную реальному объекту модель и сделать выводы.

### Экспертная матрица в КИАИ

Введем понятие «образа» результата ИАИ –  $R(I_b)$ , где  $I_b$  – определенный (начальный или сформированный с помощью информационного мониторинга [1]) информационный базис, на основе которого и синтезирован результат  $R(I_b)$ . Образ результата – это прямоугольная матрица  $E = (e_{ij})$  размерностью  $n \times m$ ,  $i$ -я строка которой,  $i = 1, 2, \dots, m$ , отображает один из беспрекословных видов требований к «наилучшему» (воздержимся от термина «идеальному») результату исследования с позиций экспертов и/или заказчика исследования (например, один из необходимых разделов будущего документа с определенными требованиями к его сути), а  $j$ -й столбец соответствует позиции  $j$ -го эксперта,  $j = 1, 2, \dots, n$ , где  $n$  – количество экспертов. Отметим, что эксперты допускают определенные отклонения будущего результата от «идеала», но при этом оценивают такие «несовершенства». Такая матрица формируется экспертным образом на стадии постановки информационно-аналитического проекта.

С позиций теории нечетких множеств каждая строка матрицы  $E$  может трактоваться как лингвистическая переменная, то есть терм  $A$ , а составляющие части этой строки – как элементы  $\alpha_{ij}$  из множества возможных значений,  $\alpha_{ij} \in A$ . Например, в уже ставшем классическом примере [2], экспертная оценка ответа на вопрос очень ли горячая вода может иметь при  $n = 10$  такую форму:

$$E = \left\{ \frac{0,0}{10}; \frac{0,0}{20}; \frac{0,0}{30}; \frac{0,1}{40}; \frac{0,2}{50}; \frac{0,5}{60}; \frac{0,8}{70}; \frac{0,9}{80}; \frac{1,0}{90}; \frac{1,0}{100} \right\}. \quad (1)$$

Здесь в знаменателе – температура воды ( $^{\circ}\text{C}$ ), в числителе – количество положительных оценок в том смысле, что это действительно очень горячая вода. То есть последний и, возможно, предпоследний элементы действительно отвечают термину «кипяток», хотя для кого-то вода уже может казаться «очень горячей» и при  $40^{\circ}\text{C}$ .

Следовательно, экспертная матрица должна иметь вид:

$$E = \{e_{ij} / v_{ij}\}, \quad (2)$$

где:  $v_{ij}$  – все возможные значения оценок градаций экспертных выводов, в которых может находиться результат по  $i$ -му элементу (в нашем примере  $\alpha=10, \dots, 100$  °C).

Обратим внимание на очевидный факт, что для всех позитивных результатов исследования знаменатели всех элементов одной строки матрицы  $E$  будут одинаковыми и, таким образом, строка экспертных оценок из приведенного примера может иметь вид:

$$E = \{0,0; 0,0; 0,0; 0,1; 0,2; 0,5; 0,8; 0,9; 1,0; 1,0\}, \quad (3)$$

элементы которой являются ординатами функции принадлежности  $g(x)$  [3] ( $x$  – входной сигнал), а экспертная матрица приобретет более простой вид:

$$E = (e_{ij}) = \begin{pmatrix} e_{11} & \dots & e_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{m1} & \dots & e_{mn} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

### **Процедуры создания экспертной матрицы на основе систем нечёткого вывода**

Приведенный ниже алгоритм создания и практического использования нечёткой системы конструирования экспертной матрицы оценивания результатов ориентирован на расчёт одного значения  $e_{ij}$  обобщённой матрицы  $E$  в диапазоне значений  $[0, 1]$ .

Для практической реализации такой нечёткой системы нами рассматривался ряд известных алгоритмов [5-7]: Mamdani, Tsukamoto, Sugeno, Larsen, упрощённый алгоритм нечёткого вывода. Однако, с учётом существующих апробированных программных продуктов и того, что эксперты ИАИ при построении базы правил нечётких продукций будут выдавать числовые значения оценок, для построения соответствующей системы предварительно приняли возможность использования алгоритмов Sugeno или упрощённого алгоритма нечёткого вывода.

При упрощённом алгоритме правила нашей задачи будут задаваться в виде:

$$\Pi_1 : \text{ЕСЛИ } x \in A_1 \text{ ТОГДА } z_1 = c_1,$$

.....

$$\Pi_N : \text{ЕСЛИ } x \in A_N \text{ ТОГДА } z_N = c_N$$

где:  $x, z$  – соответственно входная и выходная переменные;

$A$  – заданные терм-множества (заранее необходимо согласовать со всеми экспертами);

$c_1$  и  $c_2$  – оценки экспертов (чёткие числа из диапазона  $[0, 1]$ );

$N$  – количество правил (равно количеству экспертов умноженному на количество терм-множеств, однако, при равенстве оценок экспертов определённого параметра – оставляем одно правило).

Упрощенный алгоритм нечёткого вывода примет вид:

Первый этап – находятся степени истинности для предпосылок каждого правила.

2. Второй этап – находятся вспомогательные числа:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= A_1(x_0), \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_N &= A_N(x_0). \end{aligned} \tag{5}$$

3. Третий этап – находится чёткое значение оценки характеристики объекта исследования (процесса, явления):

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i c_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}. \tag{6}$$

Правила при использовании алгоритма Sugeno примут вид:

$$\begin{aligned} \Pi_1 : \text{ЕСЛИ } x \hat{=} A_1 \text{ ТОГДА } z_1 &= \alpha_1 x, \\ &\dots\dots\dots \\ \Pi_N : \text{ЕСЛИ } x \hat{=} A_N \text{ ТОГДА } z_N &= \alpha_N x \end{aligned}$$

где:  $\alpha_1, \alpha_N$  – степени истинности для соответствующих правил.

Тогда алгоритм Sugeno для решения нашей задачи можно представить в виде следующей процедуры.

1. Первый этап – как в упрощенном алгоритме.

Второй этап – сначала, аналогично упрощённому алгоритму, вычисляются вспомогательные числа  $\alpha$ , потом индивидуальные выходы правил:

$$\begin{aligned} z_1^* &= \alpha_1 x_0, \\ &\dots\dots\dots \\ z_N^* &= \alpha_N x_0. \end{aligned} \quad (7)$$

Третий этап – вычисление чёткого выхода:

$$z_0 = \frac{\alpha_1 z_1^* + \dots + \alpha_N z_N^*}{\alpha_1 + \dots + \alpha_N}. \quad (8)$$

Используя созданную нечёткую систему (упрощённый алгоритм или алгоритм Sugeno), можно получать окончательную оценку для одного элемента матрицы  $E$ .

### **Процедура создания экспертной матрицы на основе нечётких нейронных сетей**

Однако одним из главных недостатков систем нечёткого вывода есть их неспособность самообучаться [2-5] и для их подстройки необходимо повторное привлечение экспертов при полной функциональной остановке. Для решения нашей задачи необходимой является способность к самоадаптации при изменении экспертных оценок или получении дополнительной порции информации.

Поэтому имеет смысл использовать аппарат нечётких нейронных сетей – нейронных сетей с чёткими сигналами, весами и активационной функцией, но из объединением их с использованием  $t$ -нормы,  $t$ -конормы или других операций [6].

При этом входы, выходы и веса нечёткой нейронной сети – действительные числа с необходимого нам диапазона  $[0, 1]$ . Интегриро-

ванный в прикладные программные продукты (например, MatLAB) алгоритм обучения нечёткой системы достаточно прост в использовании [6].

Основные расчётные формулы алгоритма настройки нечёткой системы с помощью нейронной сети представим на системе с двумя правилами (форма записи соответствует упрощённому алгоритму нечёткого вывода) [7]:

$$\begin{aligned} \Pi_1 : \text{ЕСЛИ } x \hat{=} A_1, \text{ ТОГДА } y = z_1, \\ \Pi_2 : \text{ЕСЛИ } x \hat{=} A_2, \text{ ТОГДА } y = z_2. \end{aligned}$$

Примем, что нечёткие понятия  $A_1$  и  $A_2$  имеют сигмоидные функции принадлежности:

$$A_1(x) = \frac{1}{1 + e^{b_1(x-a_1)}}, \quad A_2(x) = \frac{1}{1 + e^{b_2(x-a_2)}}, \quad (9)$$

которые характеризуются коэффициентами  $a_1, a_2, b_1, b_2$ .

Тогда степени истинности правил определяются соотношениями:

$$\alpha_1 = A_1(x) = \frac{1}{1 + e^{b_1(x-a_1)}}, \quad \alpha_2 = A_2(x) = \frac{1}{1 + e^{b_2(x-a_2)}}, \quad (10)$$

и выход системы:

$$o = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{A_1(x) z_1 + A_2(x) z_2}{A_1(x) + A_2(x)}. \quad (11)$$

Функция ошибки в общем виде имеет вид:

$$\Delta_k = \Delta_k(a_1, b_1, a_2, b_2, z_1, z_2) = \frac{1}{2} (o^k(a_1, b_1, a_2, b_2, z_1, z_2) - y^k)^2. \quad (12)$$

где:  $k = 1, \dots, N$ .

Используя подходы алгоритма обратного распространения ошибки [7], получим требуемые корректировочные формулы для частичных выводов:

$$z_1 := z_1 - \eta \frac{\partial E_k}{\partial z_1} = z_1 - \eta (o^k - y^k) \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} = z_1 - \eta (o^k - y^k) \frac{A_1(x^k)}{A_1(x^k) + A_2(x^k)}, \quad (13)$$

$$z_2 := z_2 - \eta \frac{\|E_k\|}{\|z_2\|} = z_2 - \eta (o^k - y^k) \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = z_2 - \eta (o^k - y^k) \frac{A_2(x^k)}{A_1(x^k) + A_2(x^k)}, \quad (14)$$

где  $\eta$  – константа скорости обучения.

Результатом работы программной реализации ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) в системе MatLAB, будет построение обученной на экспертных оценках нечёткой системы вывода информации (алгоритм Sugeno).

### Пример

Демонстрацию синтеза такой системы приведём на примере экспертной ANFIS-системы определения выходной концентрации взвесей в воде после электрокоагулятора при очистке сточных вод птицефабрики [8]. Подобные задачи часто встречаются в комплексных информационно-аналитических исследованиях оценки возможных отдаленных последствий влияния агропромышленных перерабатывающих комплексов на окружающую среду и здоровье человека. В наших терминах результат такого исследования будет носить «элементарный» (частный) характер, т.е. входить в системную экспертную матрицу как элемент. Но наша задача – на этом частном примере убедиться в эффективности предложенной выше процедуры.

Задача экспертной системы – рассчитать значения концентрации взвешенных в воде частиц (С, мг/л) при возможных комбинациях выбранных технологических параметров в установленных диапазонах их значений: плотность тока на электродах (i) – 0,1-1,2 А/дм<sup>2</sup>; рН подающейся на очистку воды – 3-7; скорость потока в междуэлектродном пространстве (V) – 2-6 м/час; концентрация взвешенных частиц в воде подающейся на очистку (С) – 0,5-7 г/л. Технологические параметры и диапазоны их изменения выбирались исходя из рекомендаций экспертов (технолог, главный энергетик, главный механик, инженер с контрольно-измерительных приборов и автоматизации). Статистические данные были получены экспериментальным путём [9].

Таблица 1

Экспериментальные данные электрокоагуляционной очистки сточных вод птицефабрики: А – учебные, В – контрольные, С – проверочные

| i, А/дм.кв | pH  | V, м/час | C, г/л | C, мг/л |
|------------|-----|----------|--------|---------|
| 0,2        | 7   | 2        | 1,75   | 12,12   |
| 0,3        | 6,9 | 2,1      | 3      | 27,52   |
| 0,4        | 6,8 | 2,2      | 1,74   | 12,59   |
| 0,5        | 6,7 | 2,3      | 2      | 15,81   |
| 0,6        | 6,6 | 2,4      | 1,73   | 13,06   |
| 0,7        | 6,5 | 2,5      | 1,78   | 13,91   |
| 0,8        | 6,4 | 2,6      | 1,72   | 13,53   |
| 0,9        | 6,3 | 2,7      | 1,79   | 14,69   |
| 1          | 6,2 | 2,8      | 1,71   | 14,08   |
| 1,1        | 6,1 | 2,9      | 1,8    | 15,39   |
| 1,2        | 6   | 3        | 1,7    | 14,55   |
| 1,2        | 5,9 | 3,1      | 1,81   | 16,16   |
| 1,1        | 5,8 | 3,2      | 1,69   | 15,20   |
| 1          | 5,7 | 3,3      | 1,82   | 17,08   |
| 0,9        | 5,6 | 3,4      | 1,68   | 15,90   |
| 0,8        | 5,5 | 3,5      | 1,83   | 18,00   |
| 0,7        | 5,6 | 3,6      | 2      | 20,32   |
| 0,6        | 5,4 | 3,7      | 1,84   | 18,88   |
| 0,1        | 5,3 | 3,8      | 3      | 33,73   |
| 0,2        | 5,2 | 3,9      | 1,85   | 19,86   |

А)

| i, А/дм.кв | pH  | V, м/час | C, г/л | C, мг/л |
|------------|-----|----------|--------|---------|
| 0,2        | 3,1 | 2,1      | 0,6    | 6,45    |
| 0,3        | 3,2 | 2,2      | 0,7    | 7,11    |
| 0,4        | 3,3 | 2,3      | 0,8    | 7,82    |
| 0,5        | 3,4 | 2,4      | 0,9    | 8,59    |
| 0,6        | 3,5 | 2,5      | 1      | 9,41    |
| 0,7        | 3,6 | 2,6      | 1,1    | 10,29   |
| 0,8        | 3,7 | 2,7      | 1,2    | 11,22   |
| 0,9        | 3,8 | 2,8      | 1,3    | 12,21   |
| 1          | 3,9 | 2,9      | 1,4    | 13,25   |
| 1,1        | 4   | 3        | 1,5    | 14,34   |
| 1,2        | 4,1 | 3,1      | 1,6    | 15,49   |
| 1,2        | 7   | 6        | 2,9    | 42,84   |
| 1,1        | 6,9 | 5,9      | 2,9    | 42,37   |
| 1          | 6,7 | 5,8      | 2,8    | 40,25   |
| 0,9        | 6,8 | 5,7      | 2,7    | 38,24   |
| 0,8        | 6,7 | 5,6      | 2,6    | 36,25   |
| 0,7        | 6,6 | 5,5      | 2,5    | 34,30   |
| 0,6        | 6,5 | 5,4      | 2,4    | 32,42   |
| 0,5        | 6,4 | 5,3      | 2,3    | 30,59   |
| 0,4        | 6,3 | 5,2      | 2,2    | 28,81   |

В)

| i, А/дм.кв | pH | V, м/час | C, г/л | C, мг/л |
|------------|----|----------|--------|---------|
| 1,2        | 3  | 2        | 0,5    | 4,54    |
| 0,1        | 7  | 2        | 0,5    | 0,13    |
| 0,1        | 3  | 6        | 0,5    | 13,69   |
| 1,2        | 7  | 6        | 0,5    | 8,18    |
| 1,2        | 3  | 2        | 3      | 25,47   |
| 0,1        | 7  | 2        | 3      | 27,29   |
| 0,1        | 3  | 6        | 3      | 41,86   |
| 1,2        | 7  | 6        | 3      | 44,64   |
| 0,65       | 5  | 4        | 1,75   | 18,97   |
| 0,65       | 7  | 2        | 3      | 27,26   |
| 0,1        | 5  | 2        | 0,5    | 2,78    |
| 1,2        | 5  | 6        | 3      | 43,49   |
| 0,1        | 7  | 2        | 1,75   | 12,11   |
| 0,1        | 5  | 6        | 3      | 43,58   |
| 0,65       | 7  | 6        | 0,5    | 8,72    |
| 1,2        | 3  | 6        | 1,75   | 25,84   |
| 1,2        | 3  | 4        | 3      | 32,88   |
| 0,65       | 3  | 6        | 0,5    | 13,11   |
| 1          | 4  | 3        | 0,8    | 7,35    |
| 0,7        | 6  | 5        | 2      | 25,13   |

С)

Используя результаты исследований ANFIS-систем [7], нами было взято три блока по 20 наборов экспериментальных данных: учебный (Training data), контрольный (Testing data), проверочный (Checking data) (табл. 1). Проверочный блок даёт возможность убедиться в отсутствии “переобучения”. Такой же подход характерен и в МГУА.

При обучении в ANFIS-Editor (программная среда MatLAB) экспертной системы из учебной выборки данных (Training data) нами были выбраны настройки по умолчанию и определено “прогночных” 30 циклов (Epochs). В результате было получено технологически приемлемое среднеквадратическое отклонение –  $3,9788e-005$  мг/л (рис. 1).

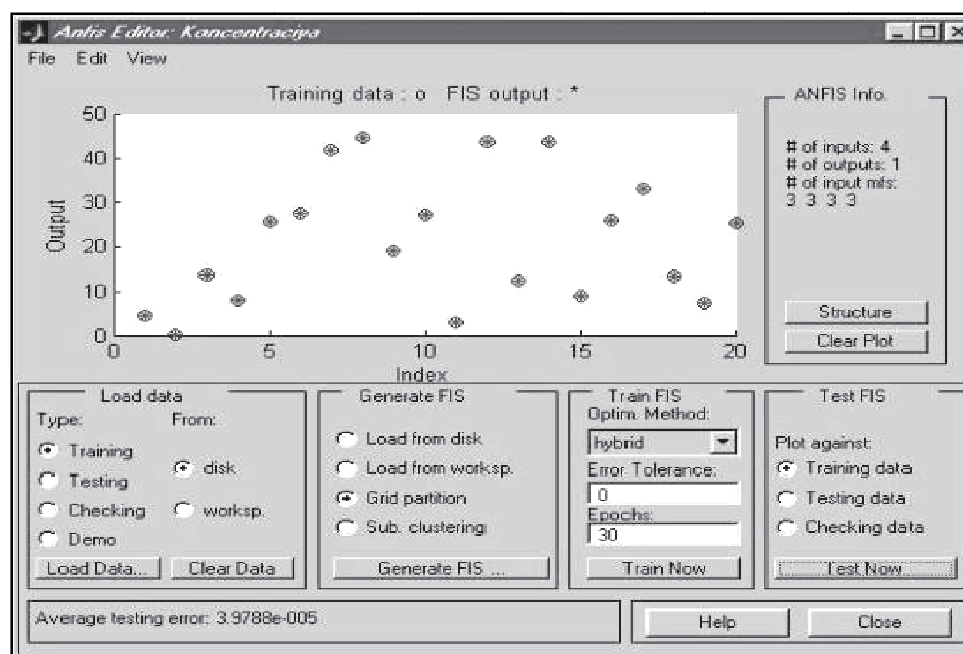


Рисунок 1 – Настройка ANFIS на учебных экспериментальных данных

Но после ввода значений контрольной выборки (Testing data) качество работы, полученное при использовании настроек по умолчанию, оказалось неудовлетворительным – среднеквадратическая ошибка составляла 12,6569 мг/л (рис. 2).

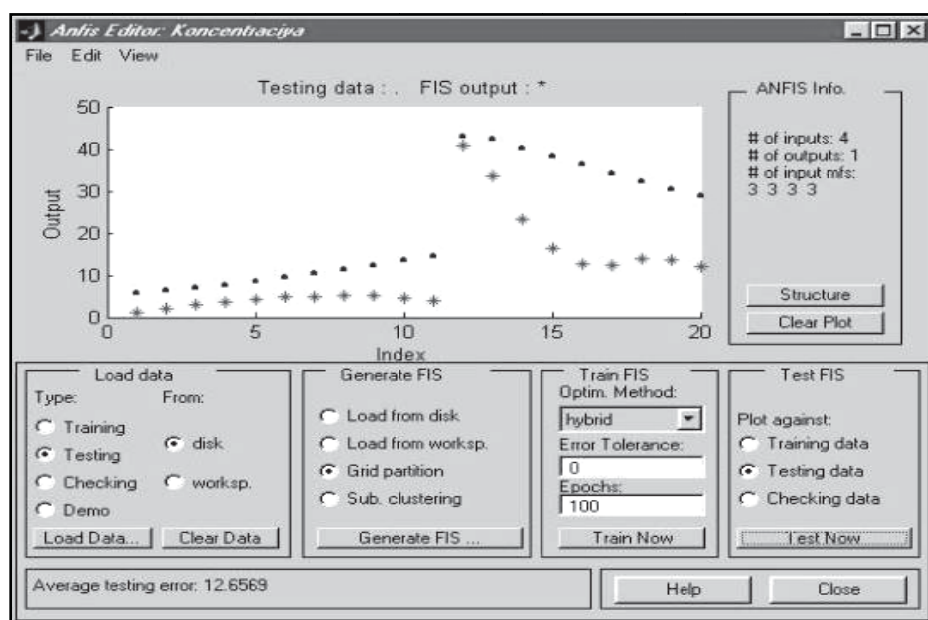


Рисунок 2 – Настройка ANFIS на контрольные экспериментальные данные (по умолчанию)

В процессе экспертной корректировки в структуре нечёткой нейронной сети количество нейронов в каждом слое было уменьшено на единицу и варьировались параметры функций принадлежности. В

результате 64 этапов итерационного обучения (рис. 3), была получена среднеквадратическая ошибка – 0,28268 мг/л. Такое значение, согласно технологических аспектов электрокоагуляционной очистки сточных вод птицефабрик от взвешенных веществ принимается как удовлетворительное.

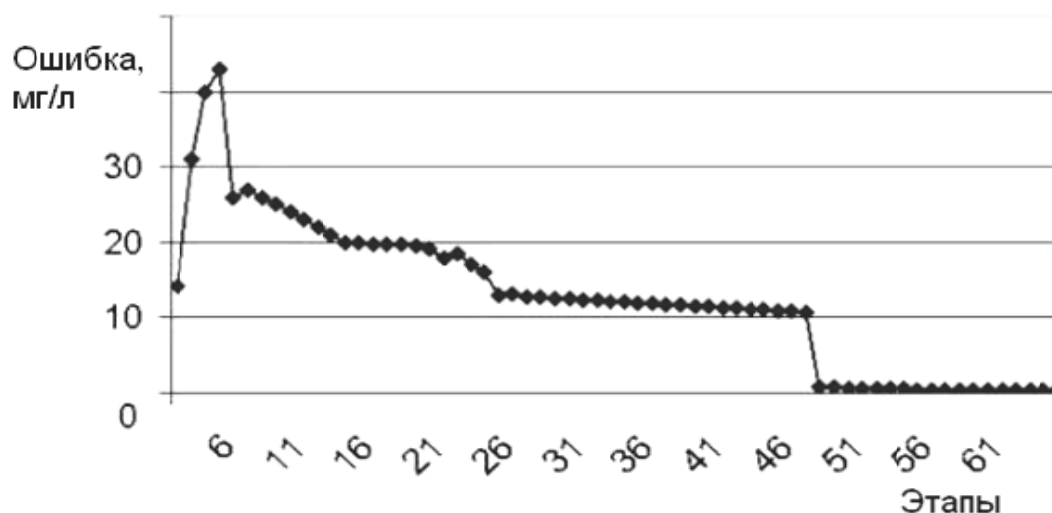


Рисунок 3 – Экспертное итерационное обучение ANFIS

Качество работы ANFIS-системы окончательно оценивалось после подачи на вход проверочных данных (Checking data). Среднеквадратическая ошибка при этом составляла – 0,34339 мг/л. Это свидетельствовало о том, что система не “переобучена” и может использоваться для дальнейших исследований. Таким образом, была получена программная реализация нечёткой системы определения качества электрокоагуляционной очистки сточных вод птицефабрики от взвесей (рис. 4).

Синтезированная нечёткая система согласно предложенной процедуре может быть использована для исследования процессов электрокоагуляции без проведения сложных экспериментов при проектировании автоматизированных систем управления очистными комплексами. Базис ее – нечёткая система, а нейросетевой подход использовался только для ее настройки.

Одним из преимуществ нашего подхода является то, что, накапливая базу данных (знаний) и/или используя систему информационного мониторинга [1], можно периодически или за установленным

критерием качества (например, изменения законодательных норм и т.п.) в программном режиме “дообучать” нечёткую систему, без подключения к этому процессу экспертов. Это важно при использовании такой нечеткой системы в качестве инструментария в индуктивных процедурах ИАИ.

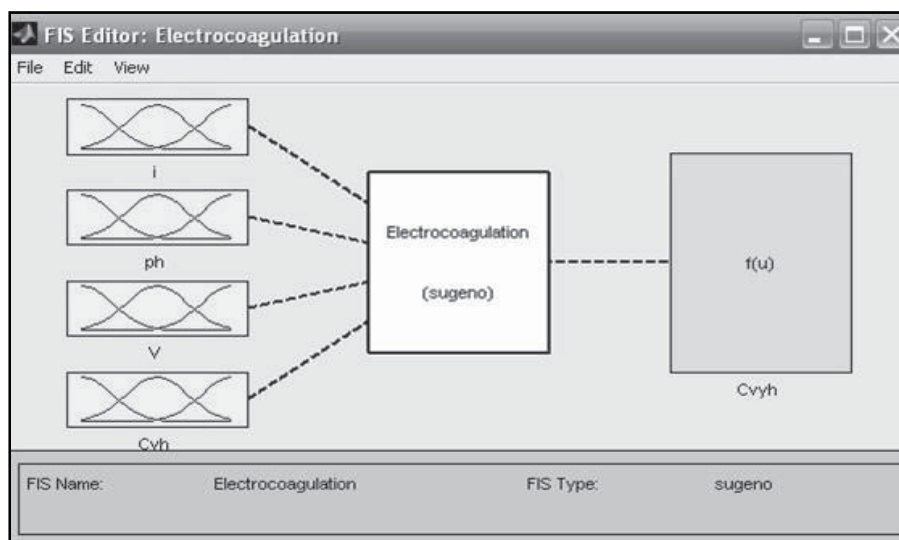


Рисунок 4 – Программный интерфейс обученной нечёткой системы (алгоритм Sugeno) оценки качества электрокоагуляции сточных вод птицефабрики FIS-Editor (среда MatLAB)

Отметим, что при формировании достаточно сложной матрицы комплексных информационно-аналитических исследований вероятно необходима будет некоторая компиляция систем, подобных той, которая использовалась в примере оценки электрокоагуляции. Это связано с разноплановостью ИАИ, необходимостью использования знаний экспертов из различных предметных областей и это необходимо учитывать при создании конкретных информационно-аналитических систем.

### Выводы

Предложенный подход к построению матриц экспертных оценок результатов в комплексных информационно-аналитических исследованиях с использованием инструментария теории нечетких множеств с одной стороны достаточно эффективен, что показано в простом практическом приложении, а с другой стороны – достаточно прост в реализации. Это важно с точки зрения прикладной реализации сис-

темы, реализующей процедуры индуктивного системного анализа за методом группового учета аргументов, поскольку возможность «дообучать» такой блок без усилий профессиональных экспертов может существенно положительно сказаться на стоимости и времени выполнения работ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Осипенко В.В. Принципи методу групового урахування аргументів в контурі системного аналітичного проекту. В кн.: Індуктивне моделювання складних систем. – К.: МННЦІТіС АН України, 2010. – С. 140 – 148.
2. Kevin M. Passino, Stephen Yurkovich. Fuzzy Control – Ohio State University (OSU), 2001 – 572 p.
3. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications. – McGraw-Hill, 1995. – 600 p.
4. Zadeh L.A. Fuzzy logiC. – IEEE Transactions on Computer, vol. 21, no. 4 1988, pp. 83-93.
5. Pappis C.P., Sugeno M. Fuzzy relations equalation and the inverse problem // Fuzzy Sets Systems. – 1985. – V.15. – P.79-90.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер с польск. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 452 с.
7. Круглов В.В. Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
8. Штепа В.М. Синтез та апаратно-програмна реалізація інтелектуальної АСК електрокоагуляційною очистки стічних вод птахівничого комплексу // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Інтелектуальний аналіз інформації”. – К.: НТУ “ХПІ”. – 2007. – С. 368-373.
9. Донченко М.И., Срибная О.Г., Гончаров Ф.И., Штепа В.Н. Очистка растворов от дисперсных примесей методом электрокоагуляции // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2009. – № 22. – С. 57-65.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧА МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЄРАРХІЧНОЇ БАЙЄСІВСЬКОЇ МОДЕЛІ

*Розглянуто методику побудови ієрархічних байєсівських моделей за допомогою програмного середовища WinBugs на прикладі моделювання поведінки користувача мережі Інтернет.*

*Ключові слова: байєсівська мережа, моделювання поведінки, ієрархічна БМ, метод Монте-Карло.*

### Вступ

Байєсівські мережі широко використовуються для розв'язання задач в умовах наявності невизначеностей. У роботі [1] запропоновано розширення формалізму байєсівських мереж – ієрархічні байєсівські мережі (БМ), які можуть представляти додаткову інформацію про структуру змінних. Ієрархічні байєсівські мережі подібні до байєсівських мереж, вони представляють собою імовірнісні залежності між змінними як орієнтований ациклічний граф, де кожний вузол графа відповідає випадковій величині і кількісно визначається значеннями цієї змінної при певному значенні батьківських вузлів. Досить докладно ієрархічні байєсівські мережі розглянуті у роботі [2]. Фактично, ієрархічна байєсівська мережа є узагальненням статичної БМ, у якій вузол у мережі може бути представлено змішаним типом даних. Це дає можливість випадковим величинам мережі представляти довільно структуровані типи. В одному вузлі також можуть бути зв'язки між компонентами, що виражають імовірнісні залежності між частинами конструкції. Ієрархічні байєсівські мережі (ІБМ) можуть містити глибші знання про структуру змінних і використовувати ці знання для створення реалістичнішої ймовірнісної моделі. Згідно з роботою [3], ієрархічна байєсівська мережа складається з двох частин. Структурна частина містить змінні мережі і описує відношення та імовірнісні залежності між ними. Структурні відношення можуть бути проілюстровані або у вигляді вкладених вузлів, або у вигляді дерева ієрархії. Друга частина ієрархічної БМ – імовірнісна, вона складається з таблиць умовних ймовірностей, які кількісно характеризують представлення структурної частини.

Дослідження останніх років свідчать про поширення застосування ієрархічних байєсівських мереж. Вони використовуються при розв'язанні задач прогнозування, класифікації, моделювання процесів довільної природи та інших. Так, у роботі [4] наводиться приклад використання ієрархічної байєсівської мережі для визначення руху частин тіл взаємодіючих суб'єктів. Задача розпізнавання ґрунтується на алгоритмах обробки спостережень, які включають процедури сегментації та дослідження важливих ділянок зображення і визначення особливостей об'єкта. У цій роботі запропонована нова ієрархічна структура для визначення докладної взаємодії двох суб'єктів з використанням ієрархічної байєсівської мережі. У роботі [5] розглядається подібна задача – моделювання руху правої руки віолончеліста під час гри. Також представлено метод побудови ІБМ шляхом використання алгоритму формування стохастичної вибірки та метод навчання ІБМ на основі міри структурної подібності Купера і Гершковича. У роботі [6] розглянуто застосування ІБМ для автоматичної класифікації текстової інформації, виконується класифікація тестового набору текстів Reuters-21578 (збірка новин). Після визначення структури використовується алгоритм максимізації математичного сподівання (ЕМ-алгоритм) для визначення параметрів класифікатора.

Дана робота присвячена розв'язанню задачі практичної реалізації методів Монте-Карло для марковських ланцюгів у програмному середовищі WinBUGS. WinBUGS – це інтерактивна версія програми Bugs для Windows. Ця програма призначена для байєсівського аналізу комплексних статистичних моделей і використовує алгоритми методів Монте-Карло для марковських ланцюгів (МКМЛ) для оцінювання параметрів моделей. WinBUGS дає можливість описувати моделі, використовуючи модифікований варіант мови BUGS, або за допомогою системи графічного представлення моделей Doodles, яке може бути трансформоване у текстовий опис. Основною перевагою мови BUGS є те, що вона гнучкіша ніж графічне представлення.

### **Постановка задачі**

Робота присвячена застосуванню методів Монте-Карло для марковських ланцюгів до розв'язання задачі моделювання поведінки користувача мережі Інтернет на конкретному сайті з використанням програм-

ного середовища WinBugs. Поведінка користувача важлива з точки зору оцінювання ефективності дизайну сайту та оптимального ранжирування його сторінок при видачі пошукових систем. Загальним підходом до моделювання поведінки користувача при перегляді сайту є припущення, що вибір наступної сторінки – це випадковий крок з імовірнісним розподілом часу переходу на іншу сторінку; цей процес має обернений гаусівський розподіл з двома параметрами. Інший підхід до моделювання цього процесу ґрунтується на припущенні, що користувач на кожній сторінці виконує незалежний експеримент Бернуллі з метою прийняття рішення стосовно зупинки на цій сторінці. Такий підхід передбачає використання геометричного розподілу.

Для розв'язання задачі використовується байєсівська ієрархічна модель підрахунку кількості відвіданих користувачем сторінок для того щоб отримати апостеріорний розподіл частоти відвідання сторінки. Це дає можливість згрупувати (кластеризувати) сесії користувачів у порівняно невелику кількість груп. Модель повинна мати достатню кількість параметрів для того щоб відповідати даним і при цьому використовувати такий розподіл даних, який дасть можливість структурувати залежність між параметрами. Вона може бути узагальнена для різних типів веб-сайтів на різних рівнях агрегації сторінок і різних схем кластеризації.

**Основна мета роботи** – розробка методики застосування методів МКМЛ до аналізу та моделювання поведінки користувача у мережі Інтернет при перегляді вебсайту на основі даних відкритої статистики відвідування вебсайтів.

### **Особливості структури байєсівських ієрархічних моделей**

Ієрархічні байєсівські мережі – це узагальнені БМ, у яких вузол мережі може мати складну структуру. Це дозволяє випадковим змінним мережі представляти структури довільного типу. В одному вузлі можуть бути і зв'язки між компонентами, що представляють ймовірнісну залежність між частинами структури. Ієрархічні байєсівські моделі задають умовні ймовірнісні залежності так само, як звичайні байєсівські мережі. ІБМ можуть відображати глибші знання стосовно структури змінних і використовувати ці знання для створення реалістичних імовірнісних моделей. Такі мережі складаються з двох частин – структурної та імовірнісної.

Наведемо формальне означення поняття ІБМ. Введемо ієрархічні складові, на яких визначається мережа. В якості агрегатної функції скористаємось декартовим добутком множин.

Елементарний тип даних – це певний набір констант. Якщо ми маємо  $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$  певну кількість елементарних типів, то декартів добуток  $\tau = \tau_1 \times \tau_2 \times \dots \times \tau_n$  є складеним типом; типи даних  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  – це компоненти типу  $\tau$ .

Структурований тип, що відповідає типу  $\tau$  – це дерево  $t$ , яке має такі властивості:

- якщо  $\tau$  – елементарний тип, тоді  $t$  – це єдиний вузол під назвою  $\tau$  ;
- якщо  $\tau$  – складений тип, тоді  $t$  має корінь  $\tau$ , а в якості нащадків структуровані типи компонентів  $\tau$ .

Структура дерева ієрархічної байєсівської мережі  $T$  над структурованим типом  $t$  – це набір  $\langle R, V, E \rangle$ , де:

- $R$  – корінь структури, що відповідає випадковій величині типу  $\tau$ ;
- $V$  – набір структур дерев над типами-компонентами  $\tau$  (якщо  $\tau$  – елементарний тип, то множина  $V$  – порожня);
- $E \subset V^2$  – множина спрямованих зв'язків між елементами  $V$ , таких, що результуючий граф не містить спрямованих циклів.

Імовірнісна частина ієрархічної байєсівської мережі, пов'язана із структурою  $T$ , складається з таких елементів:

- 1) таблиця ймовірностей для кожної змінної з  $T$ , що не має батьківських вузлів;
- 2) таблиця умовних ймовірностей інших змінних із урахуванням значень батьківських вузлів.

З урахуванням наведених означень, можна сказати, що ієрархічна байєсівська мережа це трійка  $\langle T, P, t \rangle$ , де:  $t$  – це структурований тип даних;  $T = \langle R, V, E \rangle$  – структура дерева ієрархічної байєсівської мережі на множині  $t$ ;  $P$  – це імовірнісна складова ієрархічної байєсівської мережі.

### **Особливості оцінювання байєсівських ієрархічних моделей**

ІБМ можна застосовувати для формування імовірнісного виводу стосовно змінних, які вони містять. Одним з ефективних методів отри-

мання цього висновку є застосування методів Монте-Карло для ланцюгів Маркова (МКМЛ). Розглянемо цю групу методів докладніше.

Метод Монте-Карло для ланцюгів Маркова – це клас алгоритмів для вибірки з імовірнісних розподілів, заснований на побудові ланцюга Маркова, який має необхідний розподіл, у якості рівноважного розподілу. Після достатньої кількості кроків стан ланцюга береться як вибірка з досліджуваного розподілу. Метод ґрунтується на генеруванні значень певної випадкової величини  $\theta$ , математичне сподівання якої представляє досліджувану нами величину. Потім отримані значення корегуються щоб досягти кращої відповідності апостеріорному розподілу  $p(\theta|y)$ . Вибірki генеруються послідовно і поточні значення однієї вибірки залежать лише від попереднього значення.

Моделювання ланцюга Маркова використовується тоді, коли неможливо (або неефективно) генерувати  $\theta$  безпосередньо з розподілу  $p(\theta|y)$ . Замість цього ітераційно генерується вибірка таким чином, що на кожному етапі цього процесу її розподіл наближається до  $p(\theta|y)$ . Для широкого класу задач (у тому числі для обчислення апостеріорного розподілу для багатьох ієрархічних моделей) цей підхід є відносно простим способом отримати надійні результати. Ключовим моментом при моделюванні ланцюга Маркова є створення марковського процесу, стаціонарним (усталеним) станом якого буде бажаний розподіл  $p(\theta|y)$ . Після побудови моделі і генерування вибірки необхідно перевірити збіжність змодельованих послідовностей.

Багато методів Монте-Карло для ланцюгів Маркова використовують модель випадкового кроку, вони рухаються в околі стаціонарного розподілу відносно невеликими кроками, без вибору певного напрямку. Ці методи прості стосовно реалізації та аналізу, але можуть вимагати багато часу для реалізації. Найбільш поширеними з цих методів є вибірка за Гіббсом та алгоритм Метрополіса-Гастінгса.

Вибірка Гіббса – це алгоритм моделювання ланцюга Маркова, який був визнаний корисним у багатьох багатовимірних задачах. Нехай вектор параметрів  $\theta$  розділено на  $d$  компонент або підвекторів  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_d)$ . Кожна ітерація вибірки Гіббса проходить через підвектори  $\theta$ , генеруючи кожен підмножину в залежності від значень всіх

інших підмножин. Таким чином на кожній ітерації  $t$  виконується  $d$  кроків. На кожній ітерації  $t$  кожне значення  $\theta_j^t$  вибирається з умовного розподілу із урахуванням всіх інших компонентів  $\theta$ :

$$p(\theta_j | \theta_{-j}^{t-1}, y), \quad (1)$$

де  $\theta_{-j}^{t-1}$  – всі компоненти  $\theta$ , за виключенням  $\theta_j$ . Таким чином, кожний підвектор  $\theta_j$  оновлюється в залежності від решти значень елементів  $\theta$ .

Алгоритм Метрополіса – це адаптація моделі випадкового блукання, що використовує правило прийняття або відхилення випадкового значення для того щоб наблизитись до заданого розподілу. Алгоритм працює таким чином:

1) Вибираємо відправну точку  $\theta^0$ , для якої  $p(\theta^0 | y) > 0$ , з початкового розподілу  $p_0(\theta)$ .

2) Для  $t = 1, 2, \dots$  виконуємо такі кроки.

а) Генеруємо значення  $\theta^*$  з перехідного розподілу у момент часу  $t$ ,  $J_t(\theta^* | \theta^{t-1})$ . Для алгоритму Метрополіса (але не Метрополіса-Гастінгса) перехідний розподіл повинен бути симетричним, тобто задовольняти умові  $J_t(\theta_a | \theta_b) = J_t(\theta_b | \theta_a)$  для всіх  $\theta_a, \theta_b$ , і  $t$ .

б) Розраховуємо відношення:

$$r = \frac{p(\theta^* | y)}{p(\theta^{t-1} | y)}. \quad (2)$$

в) Покладаємо:

$$\theta^t = \begin{cases} \theta^*, & \text{при } \min(r, 1) \\ \theta^{t-1}, & \text{інакше} \end{cases}. \quad (3)$$

З огляду на поточне значення  $\theta^{t-1}$ , перехідний розподіл  $T_t(\theta^t | \theta^{t-1})$  ланцюга Маркова є сумішшю сталої точки  $\theta^t = \theta^{t-1}$  і зваженої версії перехідного розподілу  $J_t(\theta^t | \theta^{t-1})$ .

Алгоритм Метрополіса-Гастінгса узагальнює основний алгоритм Метрополіса. По-перше, правило переходу  $J_t$  не має бути обов'язково симетричним, тобто не існує вимоги, що  $J_t(\theta_a|\theta_b) = J_t(\theta_b|\theta_a)$ . По-друге, для корекції асиметрії співвідношення  $r$  замінюється на співвідношення коефіцієнтів:

$$r = \frac{p(\theta^*|y) / J_t(\theta^*|\theta^{t-1})}{p(\theta^{t-1}|y) / J_t(\theta^{t-1}|\theta^*)}. \quad (4)$$

Завдяки асиметрії у правилі переходу підвищується швидкість реалізації процесу випадкового кроку.

### Побудова моделі відвідування порталу новин

Розглянемо модель для порталу новин msnbc.com. Сторінки сайту згруповані у 17 категорій: 1 = "Головна", 2 = "Новини", 3 = "Технології", 4 = "Місцеві новини", 5 = "Думка", 6 = "Онлайн", 7 = "Різне", 8 = "Погода", 9 = "Здоров'я", 10 = "Життя", 11 = "Бізнес", 12 = "Спорт", 13 = "Підсумки", 14 = "BBS (дошка оголошень)", 15 = "Подорожі", 16 = "MSN-новини" і 17 = "MSN-спорт". Кількість адрес сторінок у кожній категорії коливається від 10 до 5000. Данні, що використовуються в даній роботі, отриманні з міжнародного інформаційного сервісу (IIS) – це журнали відвідування сайту за один день 28 вересня 1999 року. Приклад даних:

Користувач 1: 1, 1

Користувач 2: 2

Користувач 3: 3, 2, 2, 4, 2, 2, 2, 3, 3

Це означає, що перший користувач відкрив msnbc.com через головну сторінку і натиснув там посилання. Користувач 3, навпаки, зайшов на сайт через сторінку "Технології", перейшов до "Новин" і переглянув 2 сторінки в цій категорії, потім до "Місцевих новин", звідти повернувся до "Новин" і відвідав там 3 сторінки і ще 2 сторінки в розділі "Технології".

Структура сайту дозволяє користувачеві вільно переходити від однієї групи до іншої, тобто порядком перегляду сторінок можна знехтувати. На основі наведених даних можна побудувати модель:

– користувач 1: 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2;

– користувач 2: 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1;

– користувач 3: 0 5 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 3.

Перші 17 стовпчиків – це тривалість перебування користувача в кожній з 17 категорій; фактично це кількість сторінок, відвіданих у кожній категорії. Змінна 18 має два можливих значення: – 1, якщо користувач зайшов на сайт через головну сторінку, і – 0, якщо через іншу сторінку. У стовпчику 19 відображена загальна глибина сесії, тобто кількість різних категорій що були відвідані користувачем.

Тепер можна побудувати статистичну модель, у якій одиницею спостереження є сесії відвідувача сайту msnbc.com. Кожному сеансу користувача відповідає вектор вимірів  $y_i = [y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{i17}]$ . Кожний вимір  $y_{ij}$  визначає скільки разів користувач  $i$  відвідав сторінки  $j$ -ї категорії веб-сайту msnbc.com. Випадкова змінна  $y_{ij}$  розподілена за законом Пуассона, з параметром  $\mu_{ij}$  (математичне сподівання змінної  $y_{ij}$ ), яке залежить від ряду детермінованих (статистичних) та випадкових факторів.

Результати, які містяться у даних, занадто неоднорідні і не дають можливості припустити, що модель – це звичайний пуасонівський розподіл. Це приводить до висновку, що відмінності між сесіями користувачів зумовлені не тільки фактором випадковості. Тобто наявне підвищене розсіювання внаслідок системних (невипадкових) факторів, які необхідно врахувати у моделі. Тому доцільно розглянути загальну лінійну змішану модель (Generalized Linear Mixed Model (GLIMM)) з випадковими факторами для кожного сеансу роботи користувача.

У моделі, яка використовується для опису відвідувань сайту msnbc.com, не всі фактори випадкові, тобто у модель необхідно ввести статичні і випадкові змінні:

$$\log(\mu_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + b1_i + b_{ij}, \quad (5)$$

де:  $x_1$  – сторінка, через яку зайшов користувач ( $x_1 = 1$  для головної сторінки, і 0 – для решти);  $x_2$  – глибина (1-17);  $x_3$  – індикатор, який дорівнює 1 для головної сторінки, і 0 – для решти сторінок. Це зумовлено важливою роллю, яку відіграє головна сторінка і тим фактом, що вона є найбільш відвідуваною, і саме через неї заходять на сайт більшість користувачів. Інші змінні такі:  $b1_i$  – випадкова змінна, що відображає до-

даткові відмінності між сеансами користувачів;  $b_{ij}$  – випадкова змінна для моделювання випадкового розподілу всередині одного сеансу.

Єдина відмінність між статичними і випадковими параметрами полягає у тому, що коваріації статичних параметрів – це константи, в той час як коваріації випадкових ефектів залежать від невідомих гіперпараметрів  $\theta = (\tau_{b1} + \tau_b)$ , які необхідно оцінити за наявними даними. Отже потрібно задати апіорний розподіл  $\theta$ . Це приводить до того, що модель буде ієрархічною. Таким чином, повна модель має вигляд:

$$y_{ij} = \frac{\mu_{ij}^y}{y_{ij}!} e^{-\mu_{ij}}; \quad (6)$$

$$\log(\mu_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + b1_i + b_{ij}. \quad (7)$$

Для того щоб апіорні розподіли статичних ефектів були неінформативними, їм задається нормальний апіорний розподіл із значеннями параметрів, дуже близьких до 0 [...]:

$$\beta_i \sim N(0,0; 0,0001). \quad (8)$$

Апіорні розподіли для випадкових ефектів:

$$b1_i \sim N(0,0; \tau_{b1}), \quad (9)$$

$$b_{ij} \sim N(0,0; \tau_b). \quad (10)$$

Для  $\tau_{b1}$  і  $\tau_b$  також задаються неінформативні апіорні гамма-розподіли з дуже малими значеннями параметрів:

$$\tau_{b1} \sim \Gamma(0,001; 0,001); \quad (11)$$

$$\tau_b \sim \Gamma(0,001; 0,001); \quad (12)$$

$$\sigma_{b1} = \frac{1}{\sqrt{\tau_{b1}}}; \quad \sigma_b = \frac{1}{\sqrt{\tau_b}}. \quad (13)$$

### Визначення моделі мовою системи WinBugs

Мова системи WinBugs дозволяє створювати короткий опис моделі за допомогою псевдокоду, використовуючи відповідні символи. Зокрема, для позначення стохастичних (ймовірнісних) відношень застосову-

ється знак  $\sim$ , а для позначення детермінованих (логічних) відношень – знак лівої стрілки (знак ' $<$ ' та ' $-$ ').

Програмна модель даного прикладу така:

```
model
{
  for( i in 1 : N ) {
    for( j in 1 : 17 ) {
      y[i, j] ~ dpois(m[i, j])
      b[i, j] ~ dnorm(0.0, tau)
      log(m[i, j]) <- beta0 + beta1 * x1[i] + beta2 * x2[j] + beta3 * x3[j] + b1[i] + b[i, j]
    }
    b1[i] ~ dnorm(0.0, tau1)
  }
  beta0 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
  beta1 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
  beta2 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
  beta3 ~ dnorm(0.00, 0.0001)
  tau1 ~ dgamma(0.001, 0.001)
  tau ~ dgamma(0.001, 0.001)
  sigma1 <- 1 / sqrt(tau1)
  sigma <- 1 / sqrt(tau)
}
```

Програмне забезпечення WinBUGS використовує «змішані документи», які можуть включати різноманітні типи інформації (форматовані тексти, таблиці, формули, графи та ін.), які відображаються в одному вікні і зберігаються в одному файлі. Але для зручності краще розділяти інформацію і зберігати модель і дані у різних файлах

Для створення та оцінювання моделі необхідно виконати такі кроки:

1. Створюємо файл моделі кнопками «File»->«New» та задаємо у новому вікні параметри моделі так як це показано на рис. 1.

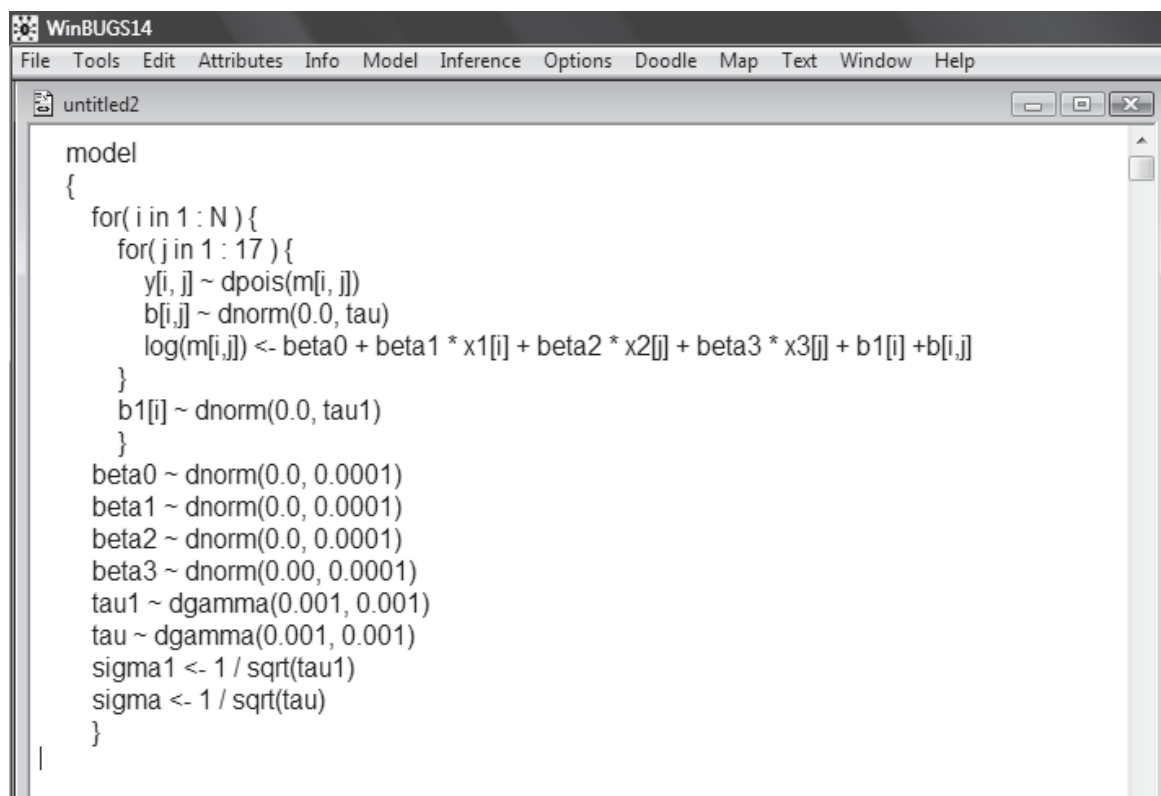


Рисунок 1 – Файл моделі

2. Перед запуском програми (що описує модель) необхідно спочатку переконатися у тому, що опис моделі повністю визначає імовірнісну модель; для цього необхідно:

- на панелі інструментів та натиснути один раз ліву кнопку миші на «Model»;
- вибрати пункт «Specification...» та натиснути один раз ліву кнопку миші;
- обрати вікно, що містить код моделі;
- виділити мишкою слово model на початку коду;
- перевірити синтаксис моделі, натиснувши один раз ліву кнопку миші на «check model» у вікні інструментарію «Specification Tool». Повідомлення з текстом "model is syntactically correct" (модель є синтаксично правильною) повинно з'явитися зліва внизу програмного вікна WinBUGS, як це показано на рис. 2:

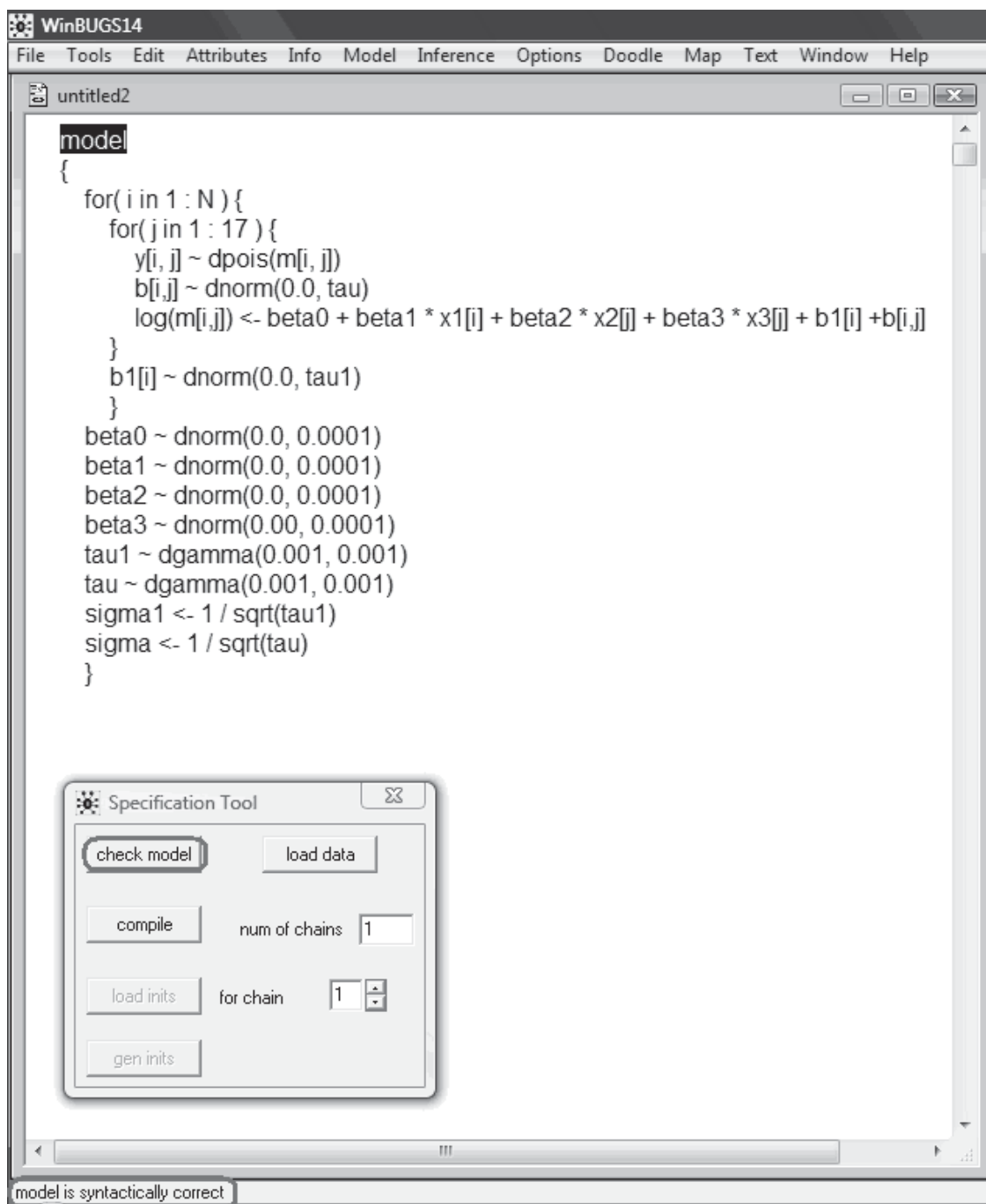


Рисунок 2 – Перевірка правильності моделі

3. Далі створюємо файл з даними. Для завантаження даних у WinBUGS використовуються файли у форматі S-Plus. Цей формат дозволяє задавати скалярні величини та масиви і присвоювати їм значення у єдиній структурі з ключовим словом «list». Приклад такого файлу наведено на рис. 3:

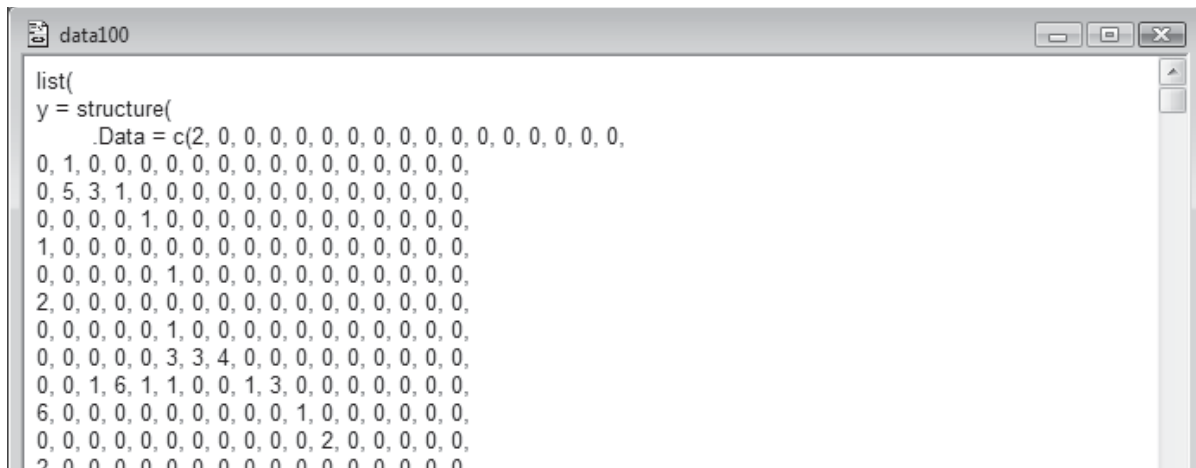


Рисунок 3 – Створюємо файл даних

У цьому файлі задаємо такі значення:

$N$  – кількість спостережень; у даному прикладі для спрощення експерименту використовуємо 100 спостережень з наявних даних;

$y_{ij}$  – кількість відвідувань користувачем  $i$  сторінки  $j$ -ї категорії, це перші 17 стовпчиків наших даних, описаних у розділі «Побудова моделі»;

$x_1$  – сторінка, через яку зайшов користувач; це 18-й стовпчик даних, описаних у розділі «Побудова моделі»;

$x_2$  – глибина сеансу; це 19-й стовпчик даних, описаних у розділі «Побудова моделі»;

$x_3$  – індикатор головної сторінки ( $x_3 = c(1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ ).

Для того щоб завантажити дані, необхідно виконати таку послідовність дій:

- Виділити слово «list» на початку файлу.

- Лівою кнопкою миші один раз натиснути на «load data» у вікні «Specification Tool». У лівому нижньому куті вікна програми має з'явитися повідомлення «data loaded» (дані завантажені); це показано на рис. 4.



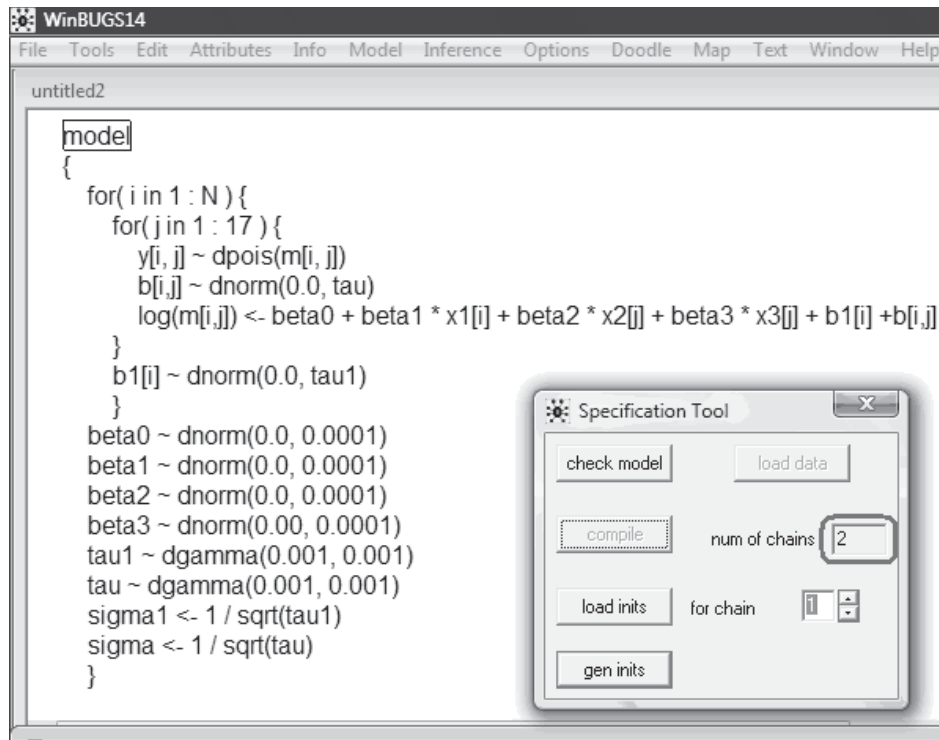


Рисунок 5 – Задаємо кількість ланцюгів

5. Далі необхідно запустити компіляцію програми. Для цього потрібно натиснути лівою кнопкою миші кнопку «compile» у вікні «Specification Tool». У нижньому лівому куті повинно з'явитися повідомлення «model compiled» (модель скомпільована). Це задає внутрішню структуру моделі та обирає спеціальні алгоритми МСМС для генерування даних.

6. Тепер потрібно задати деякі початкові значення для кожного стохастичного вузла. Це можуть бути довільні значення. Проте на практиці збіжність моделі може бути поганою якщо обрано занадто невіддалі значення. Тому необхідно вказати різні набори початкових величин для кожного ланцюга, тобто для нашого випадку необхідно задати 2 набори, адже потрібно визначити два ланцюги.

Початкові дані не обов'язково задавати для всіх параметрів моделі, WinBUGS дає можливість генерувати початкові величини для кожного стохастичного параметра, який не є ініціалізованим. У даному прикладі задаємо початкові значення  $\tau_{b1}$  і  $\tau_b$ . Для обох ланцюгів по черзі виділяємо слово «list» відповідного набору початкових величин та натискаємо на кнопку «load inits» у вікні «Specification Tool».



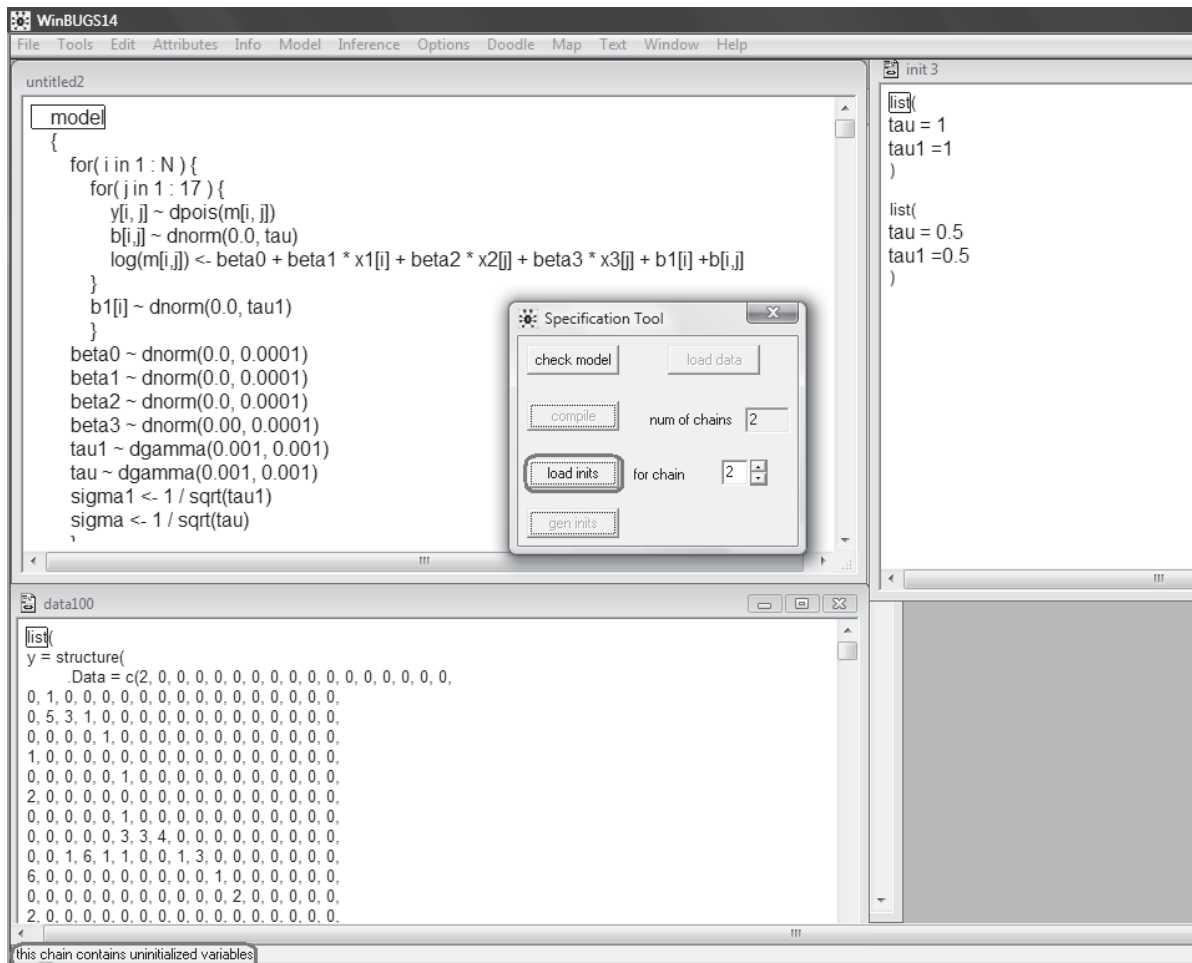


Рисунок 7 – Завантажуємо початкові данні

За допомогою кнопки «gen inits» у вікні «Specification Tool» генеруємо початкові значення для неініціалізованих змінних. У нижньому лівому куті з'являється повідомлення «initial values generated, model initialized» (початкові данні сгенеровано, модель ініціалізовано).

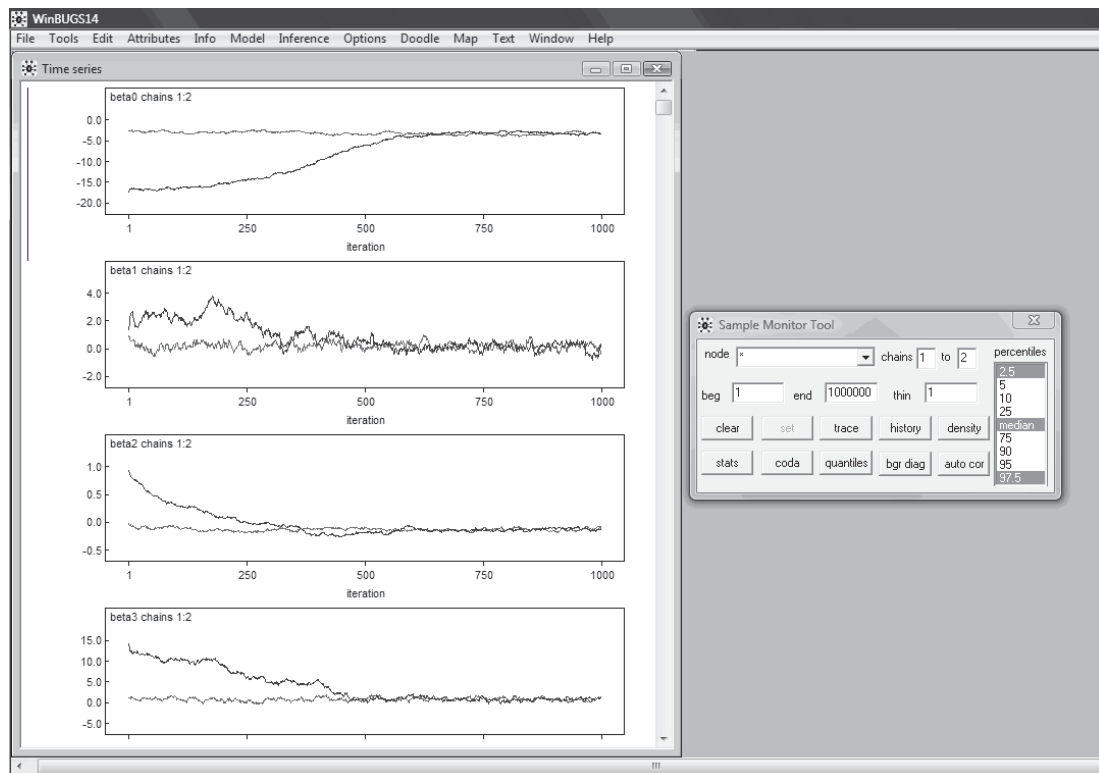
Для запуску процедури імітаційного моделювання необхідно:

- обрати опцію «Update...» з меню «Model»;
- ввести кількість ітерацій імітаційного моделювання (за замовчуванням дорівнює 1000);
- натиснути кнопку «update»: програма розпочинає процес моделювання величин для кожного параметра моделі; це може зайняти декілька секунд: у вікні «iteration» буде показано, скільки ітерацій було виконано.
- коли процедура моделювання закінчиться, у нижньому лівому куті програми повинно з'явитися повідомлення "updates took XXX s" (оновлення зайняло XXX секунд), де XXX – це кількість секунд, витрачених для завершення моделювання.

Якщо попередньо встановити спостереження за декількома параметрами, можна перевірити збіжність моделі та подивитися графічні та чисельні результати симуляції. Відкривши вікно «Sample Monitor Tool» можна обрати конкретну змінну або вибрати усі набравши «\*». Натиснувши кнопку «history», побачимо графіки обраних змінних і зможемо оцінити збіжність моделі.



### Рисунок 10 – Перевірка збіжності



The screenshot displays the WinBUGS interface with three main components:

- Main Editor:** Contains the following R-style code snippet:
 

```
b1[i] ~ dnorm(0.0, tau1)
}
beta0 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
beta1 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
beta2 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
beta3 ~ dnorm(0.0, 0.0001)
tau1 ~ dgamma(0.001, 0.001)
tau ~ dgamma(0.001, 0.001)
sigma1 <- 1 / sqrt(tau1)
sigma <- 1 / sqrt(tau)
}
```
- Output Window (res2):** Displays a summary table of parameter estimates after 20,002 iterations.
 

|  | node   | mean    | sd      | MC error | 2.5%     | median  | 97.5%    | start | sample |
|--|--------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|-------|--------|
|  | beta0  | -3.29   | 0.3403  | 0.01715  | -3.939   | -3.283  | -2.634   | 1000  | 20002  |
|  | beta1  | 0.1282  | 0.2812  | 0.00704  | -0.4226  | 0.1291  | 0.6713   | 1000  | 20002  |
|  | beta2  | -0.1256 | 0.03099 | 0.001378 | -0.1898  | -0.1244 | -0.06902 | 1000  | 20002  |
|  | beta3  | 0.843   | 0.4524  | 0.0167   | -0.04164 | 0.8412  | 1.715    | 1000  | 20002  |
|  | sigma  | 2.447   | 0.1687  | 0.008129 | 2.139    | 2.439   | 2.795    | 1000  | 20002  |
|  | sigma1 | 0.1463  | 0.1171  | 0.007136 | 0.02459  | 0.1087  | 0.4429   | 1000  | 20002  |
- Sample Monitor Tool:** A utility window for monitoring MCMC chains. It shows:
  - Node:** 1 (selected)
  - Chains:** 1 to 2
  - Percentiles:** 2.5, 5, 10, 25, median, 75, 90, 95, 97.5.
  - Range:** beg 1, end 1000000, thin 1.
  - Buttons:** clear, set, trace, history, density, stats (highlighted), coda, quantiles, bgr diag, auto cor.

## Висновки

Результати побудови байєсівської моделі наведені в таблиці на рис. 11. Як видно з таблиці, апостеріорне математичне сподівання для стандартного відхилення мінливості в межах сесій (signal) близьке до нуля, що вказує, що в цілому немає істотної різнорідності між сесіями. Але ефект випадкової мінливості (sigma) має відносно велике математичне сподівання (2,447), що свідчить про значну різницю між відвідуван-

нями у випадку, якщо порівнювати їх сторінка за сторінкою. Всі параметри оцінки мають дуже невелике стандартне відхилення, що свідчить про досить сильний вплив спостережуваних ефектів.

Для створення однорідних кластерів груп користувачів найбільш важливими є ті розподіли, які передбачають тривалість візиту до головної сторінки для різних груп, та тривалість візиту на "інші сторінки". Можна передбачити, що користувачі, які відкривають сайт msnbc.com через головну сторінку, і ті, хто входить за допомогою інших сторінок, мають аналогічні апостеріорні розподіли для середньої тривалості перебування на першій сторінці та середньої тривалості перебування на інших сторінках.

Користувачі, які відвідують багато сторінок (мають велику глибину), витрачають набагато більше часу на першій сторінці, ніж на інших сторінках, незалежно від того, якими є їхні вхідні ворота для відкриття msnbc.com. Для кластеризації сесій користувачів можна скористатись критерієм – середня довжина візиту. Можна також створити тільки два кластери різних рівнів. До одного кластеру віднесемо всі сесії користувачів, які входять на msnbc.com через головну сторінку, а до іншого – всі сесії користувачів, які входять на msnbc.com через інші сторінки. Апостеріорний розподіл для середньої тривалості відвідування у цих кластерах залежить від глибини відвідування, а тому вищого рівня кластеризації можна досягти шляхом призначення одного кластера для кожного рівня глибини.

У подальших дослідженнях передбачається розширити область застосування ієрархічних байєсівських мереж і застосувати альтернативні методи формування імовірнісного висновку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Gyftodimos E., Flach A. P. Hierarchical Bayesian Networks: a probabilistic reasoning model for structured domains / Proceedings of the ICML-2002 Workshop on Development of Representations. University of New South Wales. – Sydney, Australia, 2002. – P. 23-30.
2. Gelman, A. Bayesian Data Analysis / A. Gelman, J. B. Carlin, H. S. Stern, D. B. Rubin – Boca Raton, Florida: CHAPMAN & HALUCRC, 2004. – 668 p.

3. Gyftodimos E., Flach A. P. Hierarchical Bayesian networks: an approach to classification and learning for structured data / Department of Informatics, University of Szeged – Springer, 2004. – P. 291-300.
4. Park S. A hierarchical bayesian network for event recognition of human actions and interactions / Association For Computing Machinery Multimedia Systems Journal – The University of Texas at Austin, 2004. – P. 164-179.
5. Gyftodimos E., Flach A. P. Learning Hierarchical Bayesian Networks for human skill modelling / University of Bristol, 2004 – P. 55–62.
6. Karieauskas G. Text Categorization Using Hierarchical Bayesian Network Classifiers.– Aalborguniversity, 2002 – <http://citeseer.nj.nec.com/karieauskas02text.html>

О.Я. Різник, Д.Ю. Скрибайло-Леськів,  
Х.Я. Заболотна, М.М. Красник

## ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ШУМОПОДІБНИХ КОДІВ

*У даній роботі, з метою підвищення завадозахищеності сучасних інформаційних систем, розроблений регулярний і конструктивний метод синтезу шумоподібних кодів, що дозволило істотно підвищити параметричну скритність і захист інформації від несанкціонованого доступу.*

*Ключові слова: інформація, захист, завадозахищеність систем телекомунікацій, шумоподібний код*

### Вступ

Головною проблемою сучасної теорії і техніки зв'язку і радіоуправління є підвищення завадозахищеності систем телекомунікацій і, особливо, командних радіоліній управління, в умовах впливу як природних завад, так і створюваних супротивником штучних завад. Одна з основних концепцій підвищення завадозахищеності, що розробляється в даній роботі, полягає в тому, щоб оперативно проводити зміну робочих ансамблів кодів, збільшуючи тим самим завадостійкість, енергетичну і параметричну скритність роботи системи зв'язку, а також захист інформації від несанкціонованого доступу.

У даній роботі, з метою підвищення завадозахищеності сучасних інформаційних систем, розроблений регулярний і конструктивний метод синтезу шумоподібних кодів, що дозволило істотно підвищити параметричну скритність і захист інформації від несанкціонованого доступу.

Науково-технічну основу появи сучасних телекомунікаційних мереж складає забезпечення максимальної пропускної спроможності систем передачі  $C$  при наявній смузі пропускання лінії зв'язку  $\Delta F$  відповідно до формули Найквіста, одержаної з використанням теореми В.О. Котельнікова:

$$C = 2\Delta F \log M, [\text{біт/с}], \quad (1)$$

де  $M$  – кількість дискретних значень сигналу.

Дана формула справедлива за умов відсутності шумів в лінії зв'язку.

Практично в лінії зв'язку мають місце завади (шуми), що приз-

© Різник О.Я., Скрибайло-Леськів Д.Ю., Заболотна Х.Я., Красник М.М., 2010

водять до помилок при передачі інформації. Тоді максимальна пропускна спроможність системи передачі буде визначатись формулою Шеннона:

$$C = \Delta F \log\left(1 + \frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right), [\text{біт/с}], \quad (2)$$

де  $P_c$ ,  $P_{\text{ш}}$  - середня потужність коду та завад (шумів).

Важливою вимогою для цифрових систем передачі є забезпечення максимальної завадостійкості систем, яка залежить також від виду використаної модуляції (найкращу завадостійкість забезпечує багато-позиційна частотна маніпуляція).

Для підвищення завадостійкості систем передачі використовують завадостійке кодування, при якому до інформаційного повідомлення додають зайві перевіірочні біти для виправлення помилок, що однак призводить до розширення спектру сигналу. Найбільше поширення набули блокові коди БЧХ (Боуза-Чоудхурі-Хоквенгема), коди Ріда-Соломона, а також безперервні згорткові коди з декодуванням їх за алгоритмом Вітербі.

### Постановка задачі

Особливо цікавим є об'єднання методів кодування і шифрування. Можна стверджувати, що по суті кодування - це елементарне шифрування, а шифрування - це елементарне завадостійке кодування.

Розробка і реалізація таких універсальних методів - перспектива сучасних інформаційних систем.

Особливість шумоподібних кодів полягає в тому, що він створює шумоподібний спектр кодової послідовності (найбільш наближена до псевдовипадкової послідовності), а їх взаємна кореляція мінімальна. Найкращим кодом для створення шумоподібної послідовності є код Баркера, але він має велику надлишковість. Для її зменшення побудуємо шумоподібні коди на основі лінійок Голомба.

Корисною особливістю систем з шумоподібним сигналом є їх високі конфіденційність і завадостійкість, особливо до вузькосмугових завад. У основі техніки шумоподібних кодів лежить використання в каналі зв'язку для перенесення інформації декількох реалізацій цих кодів, розділення яких на прийомі здійснюється за допомогою селекції їх послідовності.

При цьому упевнене виявлення таких кодів може бути отримане при введенні надмірності, тобто при використанні для передачі повідомлень послідовності істотно надлишкової, ніж займає передане повідомлення.

Перевагою шумоподібного коду є можливість застосовувати новий вигляд селекції – за допомогою послідовності. Цікавою особливістю систем з шумоподібними кодами є її адаптивні властивості - із зменшенням числа завад завадостійкість зростає.

### Опис методу кодування

Слабке місце багатьох систем кодування - це статистична слабкість коду, тобто, аналізуючи статистику за деякий період, можна скласти думку про те, що це за система і тоді діяти більш направлено. Тобто різко скорочується час пошуку ключа. Дана система оперує шумоподібними кодами, які по своїх властивостях, у тому числі і статистичним, практично ідентична білому шуму Гауса.

Властивості цих послідовностей:

у кожному періоді послідовності число 1 і 0 відрізняється не більш, ніж на одиницю;

серед груп з послідовних 1 і 0 в кожному періоді половина має тривалість в один символ, четверта частина має тривалість в два символи, восьма частина має тривалість в чотири символи і так далі.

кореляційна функція послідовності має єдиний значний пік амплітуди 1 і при всіх зрушеннях рівна  $1/m$  ( $m$  - довжина послідовності).

кореляція між векторами обчислюється за формулою:

$$\rho(x, y) = \frac{A - B}{A + B} \quad (3)$$

де  $A$  - число позицій, в яких символи послідовностей  $x$  і  $y$  збігаються;

$B$  - число позицій, в яких символи послідовностей  $x$  і  $y$  різні.

У математиці оптимальною лінійкою або лінійкою Голомба називається набір невід'ємних цілих чисел, розташованих у вигляді ділень на уявній лінійці таким чином, що відстань між будь-якими двома діленнями є унікальною. Іншими словами, на всьому протязі лінійки, не можна знайти два числа, різниця між якими повторювалася б двічі [1, 2].

Число ділень на лінійці Голомба називають її порядком, а найбільшу відстань між двома її діленнями - довжиною. Інколи лінійки Голомба описуються відстанями між сусідніми діленнями, а не абсолютними координатами ділень. Максимальне число пар, які можна скласти з ділень лінійки порядку  $n$ , рівне:

$$\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}. \quad (4)$$

Тому в канонічному представленні лінійки Голомба найменше ділення відповідає нульовій координаті, а наступне за ним ділення розташовується на найменшій з двох можливих відстаней. Зовсім не обов'язково, що лінійка Голомба здатна виміряти всі відстані в межах її довжини, проте якщо це так, то таку лінійку називають досконалою. Проте, досконалі лінійки існують лише для порядків менших п'яти.

Лінійку Голомба називають оптимальною, якщо не існує коротших лінійок того ж порядку. Іншими словами, лінійка називається оптимальною, якщо значення її останнього ділення мінімально можливе [1].

При проведенні досліджень на послідовності елементів кожній  $j$ -й упорядкованій парі чисел  $(p_j, q_j)$ ;  $p_j, q_j \in \{1, 2, \dots, N\}$  ставиться у відповідність сума  $L_j = L(p_j, q_j)$  на послідовності цілих додатних чисел  $K_N = (k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_N)$  (табл. 1):

$$L_j = L(p_j, q_j) = \sum_{i=p_j}^{q_j} k_i, \quad p_j \leq q_j \quad (5)$$

Максимально можлива кількість  $L_N$  сум на послідовності чисел, значення яких відрізняються між собою, визначається тривіальною залежністю:

$$L_N = \frac{N(N+1)}{2}. \quad (6)$$

В загальному випадку простою лінійкою Голомба порядку  $N$  на послідовності  $N$  чисел, називається така послідовність  $K_N = (k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_N)$ , на якій суми набирають значень всіх  $L_N$  чи-

сел, починаючи зі заданого числа. В більш простому варіанті ці суми вичерпують значення чисел натурального ряду  $1, 2, \dots, L_N$ .

Таблиця 1

Значення можливих сум для  $N$  елементів лінійки Голомба

|       | $q_j$ |                    |     |                        |                      |     |                          |                          |
|-------|-------|--------------------|-----|------------------------|----------------------|-----|--------------------------|--------------------------|
| $p_j$ | 1     | 2                  | ... | $l-1$                  | $l$                  | ... | $N-1$                    | $N$                      |
| 1     | $k_1$ | $k_2$              | ... | $k_{l-1}$              | $k_l$                | ... | $k_{N-1}$                | $k_N$                    |
| 2     |       | $\sum_{i=1}^2 k_i$ | ... | $\sum_{i=1}^{l-1} k_i$ | $\sum_{i=1}^l k_i$   | ... | $\sum_{i=1}^{N-1} k_i$   | $\sum_{i=1}^N k_i$       |
| ...   |       |                    |     | ...                    | ...                  | ... | ...                      | ...                      |
| $l-1$ |       |                    |     | $\sum_{i=l-1}^l k_i$   | $\sum_{i=l-1}^l k_i$ | ... | $\sum_{i=l-1}^{N-1} k_i$ | $\sum_{i=l-1}^{N-1} k_i$ |
| $l$   |       |                    |     |                        | $\sum_{i=l-1}^l k_i$ | ... | $\sum_{i=l}^{N-1} k_i$   | $\sum_{i=l}^N k_i$       |
| ...   |       |                    |     |                        |                      |     |                          | ...                      |
| $N$   |       |                    |     |                        |                      |     |                          | $\sum_{i=N-1}^N k_i$     |

Одним з практичних використань лінійки Голомба, є використання її у фазованих антенних решітках радіоантен, наприклад в радіотелескопах. Антени з конфігурацією [0 1 4 6] можна зустріти в базових станціях стільникового зв'язку стандарту CDMA.

Ми ж використаємо лінійки Голомба для генерації шумоподібних кодів, так як лінійка Голомба за визначенням повинна мати всі різні відліки, а при великих величинах її довжина вона стає подібною на послідовність шумоподібних кодів за їх визначенням [3].

Запропонований метод побудови шумоподібних кодів, заснований на перетворенні лінійок Голомба.

Для побудови шумоподібних кодів за допомогою лінійок Голомба порядку  $N$  кратності  $R$  виділимо рядок із  $L_N$  пронумерованих у зростаючому порядку клітинок одновимірного масиву і заповнимо інформаційними "одиницями" клітинки, номери яких збігаються з числами, визначеними з лінійки Голомба. У клітинки, що залишилися незаповненими, занесемо "нулі". Утворена послідовність одиниць і

нулів є  $L_N$ -розрядним шумоподібним кодом, циклічним зсувом якого можна одержати й решту дозовлених комбінацій.

Прикладом такого коду є таблиця кодових комбінацій, складена за допомогою лінійки Голомба порядку  $N = 7$  кратності  $R = 1$  (табл. 2):

0 1 4 10 18 23 25.

Будь-яка з  $L_N$  різних кодових комбінацій шумоподібного коду містить точно  $N$  одиничних символів в однойменних розрядах, що впливає з властивостей лінійки Голомба. Решта  $L_N - N$  кодових комбінацій шумоподібного коду містять нулі [2].

Мінімальна кодова відстань для шумоподібного коду визначається як:

$$d_{\min} = 2(N-2) \quad (7)$$

Число помилок, які можна виявити  $t_1$ , і число помилок, що можна виправити  $t_2$  за допомогою шумоподібного коду, визначається мінімальною кодовою відстанню:

$$t_1 \leq d_{\min} - 1 \quad (8)$$

$$t_2 \leq (t_1 - 1) / 2 \quad (9)$$

Формули для визначення кількості помилок, які можуть бути виправлені  $t_2$  або виявлені  $t_1$  за допомогою описаного шумоподібного коду:

$$t_1 \leq 2N - 5, \quad (10)$$

$$t_2 \leq N - 2 \quad (11)$$

У розглянутих випадках значення параметрів  $L_N$  і  $N$  не зв'язані між собою будь-якою аналітичною залежністю і можуть вибиратися довільно. При цьому виникає питання про встановлення оптимального співвідношення між  $L_N$  і  $N$ , за дотримання якого розглянутий шумоподібний код набуває додаткових переваг. Завадостійкість шумоподібного коду зростає зі збільшенням  $N$  при умові мінімізації довжини лінійки Голомба  $L_N$ .

Шумоподібні коди на основі лінійки Голомба з  $N = 7$  та  $R = 1$ 

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Побудовані за допомогою лінійок Голомба шумоподібні коди дають змогу виявляти до  $2N - 5$  або виправляти до  $N - 2$  помилок.

Структурна схема системи прийому-передачі інформації з використанням шумоподібних кодів приведена на рис. 1.

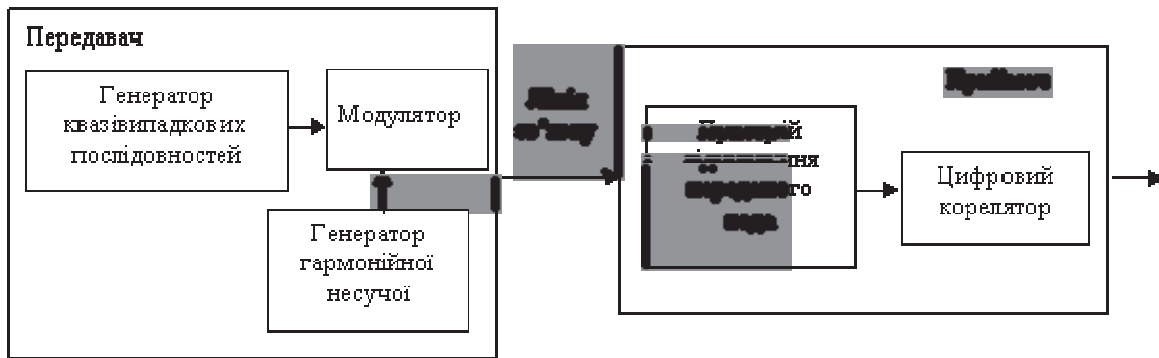


Рисунок 1 – Структурна схема системи прийому-передачі інформації

Основними апаратними частинами прийомо-передаючої системи, які дозволяють відтворити переваги шумоподібних кодів є генератор квазипсевдослучайных последовательностей (КВП) (у нашому випадку лінійок Голомба) і цифровий корелятор. Генератор квазипсевдослучайных последовательностей визначає структуру шумоподібного коду, а цифровий корелятор здійснює узгоджений за структурою сигнала прийом. Генератори КВП прості в апаратному виконанні. Можна сказати, що генератори шумоподібного коду не викликають утруднень при апаратній реалізації, а самі шумоподібні коди мають гарні потенційні можливості для удосконалення трактів приймання-передачі.

Розроблений програмний продукт для кодування та декодування з виправленням помилок за допомогою шумоподібних последовательностей, де задаються:

- вхідні дані (елементи шумоподібної последовательності);
- кількість помилок, які знаходяться та виправляються;
- шлях до файлу, який необхідно закодувати та декодувати на основі шумоподібної последовательності.

### Висновки

Шумоподібні коди відносяться до безлічі з укр. нерегулярною розгалуженою структурою. Великий інтерес до цих кодів пов'язаний з тим, що їх аналоги, такі як квазікоди Баркера, лінійки Голомба, числові в'язанки знаходять використання в реальних завданнях, причому в типових, а не в екзотичних ситуаціях.

Дослідження різних типів шумоподібних кодових последовательностей свідчить про переваги тих із них, які синтезовані на основі лінійок Голомба, що дає змогу досягнути більшої криптостійкості та завадостійкості при перетворенні інформації в порівнянні з класичними шумоподібними кодовими последовательностями.

Розроблений алгоритм та програма спрощеного синтезу завадостійкої шумоподібної кодової послідовності на основі лінійок Голомба та створення ефективного алгоритму кодування і декодування інформації. Дослідження показують, що використання шумоподібних кодових послідовностей на основі лінійок Голомба в задачах перетворення інформації забезпечує простоту апаратного застосування.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Різник В.В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. - Львів, 1989.
2. Різник В.В., Різник О.Я., Кісь Я.П., Дурняк Б.В., Парубчак В.О.. Використання монолітних кодів в інформаційних технологіях. МНТК ISDMIT'2006, Євпаторія, т.2, с.39-42.
3. Різник О.Я., Балич Б.І. Використання числових лінійок-в'язанок для кодування інформації. Інститутський вісник "Комп'ютерні науки та інформаційні технології", 2006. с.62-64.

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИНТЕГРАЦИИ В CRM СИСТЕМАХ

*Рассмотрены особенности стратегии внедрения систем управление взаимоотношениями с клиентами (CRM – Customers Relationship Management). Выделены проблемы возникающие в процессе интеграции. Проведен обзор технологических решений, на базе которых осуществляются проекты интеграции. Выделены инструменты и средства решения задач интеграции. Продемонстрирована концепция открытой CRM системы и описаны ее преимущества в интеграции информационных систем.*

*Ключевые слова: система управления взаимоотношения с клиентами, автоматизация процесса, процесс интеграции.*

### Введение

На сегодняшний день существует множество программных решений для управления и автоматизации процессов в бизнесе. Некоторые из них используются как вспомогательные инструменты для сокращения объема рутинной работы, снижения количества ошибок и повышения скорости обработки и надежности хранения информации. Более сложные в интеллектуальном исполнении программные продукты призваны вывести из критического состояния бизнес - проекты, или обеспечить поддержку внедрение новых проектов и расширение существующих. Одна из новых и наиболее перспективных концепция для автоматизации бизнес - процессов в наше время – концепция CRM. CRM (Customers Relationship Management – управление взаимоотношениями с клиентами) - это клиентоориентированная стратегия, основанная на использовании передовых управленческих и информационных технологий, с помощью которых компания выстраивает взаимовыгодные отношения со своими клиентами.

Среди специалистов в области CRM решений не существует единого мнения относительно определения термина «CRM-система». Все специалисты в области CRM согласны со следующими утверждениями: CRM-система обеспечивает получение, накопление и анализ информации о клиентах и закономерностях их покупательского поведения. Также важными функциями CRM-системы являются инструменты активного управления продажами, обмена информацией внутри компании, автоматизации бизнес-процессов и массового взаимодейст-

вия с целевыми группами клиентов (телемаркетинг, анкетирование, e-mail, факсовые и почтовые рассылки и т. д.).

Проект внедрения CRM-системы связан с организационными изменениями в компании. В первую очередь компания должна принять идею клиентоориентированности, а затем выбрать себе инструмент – CRM-систему. Поэтому термин «клиентоориентированность» скорее отражает сам подход к процессу коммуникации компании с внешним миром – компаниями и людьми.

### **Стратегия внедрения CRM систем**

Многие компании поставщики продуктов класса CRM выпускают универсальные решения, другие специализируются на разработке отраслевых систем. Постоянное совершенствование методологии автоматизации и эволюция аппаратных средств применяемых при внедрении CRM систем делают системы наследующие эту концепцию все более насыщенными и разнообразными. Со временем стратегия на предприятии которое внедрило данную систему меняется. Это может выражаться как в необходимости автоматизации новых бизнес процессов так и целых отделов, вплоть до деятельности всего предприятия. Для решения подобных проблем потребуется система другого класса.

Существуют программные решения которые выполняют несколько другие задачи от автоматизации которых предприятие выигрывает. Это и решения класса HRM (Human Resource Management) - управление персоналом. В общем контексте, HRM - это комплекс мероприятий, включающий в себя: выработку политики по персоналу, планирование развития персонала (включая карьерный рост и формирование кадрового резерва), подбор, обучение, аттестацию, учет трудозатрат и оплату труда, поддержание дисциплины труда, разработку мотивационных схем и компенсационных пакетов, планирование и реализацию социальной политики. Ведь в конечном итоге основное звено в цепочке любой CRM системы это рабочий который выполняет свои обязанности в соответствии с клиентоориентированной стратегией. И как бы функционально эффективно не была построена CRM система, в конечном итоге ее эффективность зависит от умений и понимания персонала предприятия на котором она внедрена.

Существуют и другие классы информационных систем для автоматизации отдельных сфер деятельности предприятия которые полу-

чили широкое распространение в наше время, - это и системы бухгалтерского учета, а также специализированные ИС разработанные для автоматизации рабочего места под конкретное предприятие, но поскольку целью данной статье не являются их обзор останавливаться на них мы не будем.

Рано или поздно предприятие сталкивается с проблемой расширения существующей CRM или интеграции с новой ИС. Специалисты внедряющие любую ИС знают что делать все с нуля намного проще нежели подстраиваться под что то что уже существует. Другими словами интеграции информационных систем это довольно сложный и дорогостоящий процесс для предприятия, который оно далеко не всегда может себе позволить.

### **Особенности процесса интеграции**

Решение проблемы интеграции информационных систем крупной организации или государственной структуры является сегодня одной из наиболее востребованных и одновременно одной из наиболее сложных. На уровне отдельной организации проблема интеграции возникает сразу, как только в ней внедряется несколько корпоративных приложений. На уровне страны, региона или города предоставление услуг государством гражданам и бизнесу и реализация других деловых процессов в государстве требует также интеграции систем и данных[1].

Современный бизнес предъявляет особые требования к точности и правильности используемых данных, качеству и полноте информации. Ведение ключевых данных в разрозненных информационных системах не позволяет оптимальным образом выстроить информационные потоки организации, получать максимальный эффект от имеющихся данных. Интеграция разнородных бизнес-приложений в единую информационную среду компании требует глубокой экспертизы и понимания особенностей работы различных корпоративных систем.

Интеграция информационных систем и формирование единого информационного пространства на основе промышленных решений позволяет создать единый интерфейс доступа к информации для работников компании. При этом:

- сохраняются ранее сделанные инвестиции в информационные системы;

- новые системы легко интегрируются с уже функционирующими приложениями и накопленными в них данными;
- изменения в бизнес-процессах организации быстро отражаются в информационной инфраструктуре.

На сегодняшний день осуществляются проекты интеграции на базе различных технологических решений, в частности:

- Системы интеграции корпоративного документооборота (Workflow) - технологии, позволяющей организовать единый документооборот внутри организации.

- Системы интеграции корпоративных приложений (Enterprise Applications Integration, EAI) — технологии, ориентированные на решение проблем интеграции различных систем, приложений и данных внутри отдельной организации.

- Системы интеграции между организациями (межведомственной интеграции) Business-to-Business (Business-to-Business Integration, B2Bi) — технологии, ориентированные на обеспечение безопасного, надежного информационного обмена между различными организациями и их информационными системами.

- Технологии управления бизнес-процессами (Business Process Management, BPM), являющиеся результатом естественной эволюции классических систем документооборота и делопроизводства (workflow systems) и систем класса EAI и B2Bi.

- Системы интеграции SOA (Service-Oriented Architecture), предназначенные для преобразования монолитной ИТ-инфраструктуры в множество стандартизированных, многократно используемых сервисных компонентов, из которых можно собирать необходимые решения.

- Системы интеграции ESA (Enterprise Services Architecture), реализованные в SAP NetWeaver и предназначенные для того, чтобы компании использовали однородный связующий слой над всеми приложениями[2].

Совсем недавно появился новый тип интеграции - интеграция корпоративной информации (Enterprise information integration, сокр. ЕИ). Как считает ряд аналитиков, ЕИ - это отдельный и особый вид интеграции, если его сравнивать с интеграцией приложений. По словам председателя комитета по интеграции корпоративной информации Консорциума по интеграции Джона Тейлора (John Taylor), ЕИ -

это интеграция данных из многочисленных систем в унифицированное, согласованное и точное представление, которое предназначено для изучения и обработки данных. Данные, представляемые пользователю, агрегируются и реструктурируются и, если необходимо, снабжаются новыми метками[3].

### **Проблемы возникающие в процессе интеграции CRM системы**

Исходя из вышеизложенного видно что подобные системы и технологии для интеграции ИС существуют но они стоят не дешево и к тому же для интеграции сложных и насыщенных CRM систем, возможно понадобится не одно такое внедрение. Что бы избежать подобного сценария развития событий нужно сделать ИС более открытой. Если программный продукт следует концепции CRM, то он безоговорочно должен быть открыт для совершенствования и расширения так же в нем должна быть предусмотрена возможность обмена информацией с другими ИС.

В данной статье предлагается решение проблемы совершенствования и интеграции CRM систем. За основу берется концепция открытости, которая, по мнению автора, решает следующие задачи:

- возможность последовательного поэтапного внедрения;
- возможность быстро и легко вносить изменения во внедренную CRM систему;
- возможность интеграции с другими ИС.

Если рассмотреть концепцию открытости для CRM систем глубже то это означает что каналы получения и отправки информации CRM системой должны быть спроектированы так чтобы их можно было использовать в качестве каналов поставки информации для другой ИС и наоборот. Такой подход существенно облегчит в будущем задачу интеграции ИС.

С другой стороны принцип открытости должен работать и для самой CRM системы. Это означает что она должна иметь модульную архитектуру. Причем должна быть возможность добавления новых модулей и модернизация уже существующих. Проблемы, которые возникают при проектировании подобного рода систем, опять-таки упираются в каналы получения и передачи информации. Поэтому они должны быть как можно больше универсальными. Такая модель системы даст возможность внедрять ее преимущества для предприятия с небольшим бюджетом постепенно, по мере готовности к изменениям в

соответствующих отделах и по мере поступления средств. Более того, поэтапное внедрения убережет от многих ошибок.

Основной проблемой при разработке CRM систем открытого типа является распределения входной и выходной информации. Например, если на предприятии существует система бонусов, которые начисляются при совершении сделок или какой-нибудь другой деятельности работника связанной с мотивацией, то при наличии соответствующего канала информации CRM система может поставить необходимые данные для HRM системы. Можно привести множество других примеров когда данными которые протекают по информационным каналам CRM системы можно будет воспользоваться в другой ИС. Для этого при проектировании нужно оставлять как можно больше информационных каналов открытыми, при это описывая назначение каждого информационного потока в технической документации.

Сложнее дело обстоит с обратной задачей. Спрогнозировать какие информационные потоки могут пригодиться CRM системе в будущем невозможно. Но спроектировать несложный механизм добавления новых элементов и подключения к ним новых источников информации можно. Для тех элементов которые уже существуют и возможно в дальнейшем получают дополнительные факторы влияния нужно тоже четко обозначить информационные потоки и предусмотреть возможность их отключения и подключения новых. Конечно в этом случае врядли можно будет обойтись без специалистов разработчика CRM системы, но если они предусмотрят эту возможность и заявят что она есть и если они все таки в будущем будут ее использовать то это упростит им задачу и соответственно резко снизится цена на доработку. От этого новшества выиграют и разработчик и заказчик.

#### **Инструменты и средства решения поставленных задач**

Проведенные исследования передовых компаний в области интеграции показали что наиболее эффективные и часто используемые ими подходи интеграции сводятся к:

- Web-сервисы
- Интеграция на уровне приложений
- Интеграция на уровне базы данных
- Интеграция с помощью промежуточных файлов
- Использование внешних библиотек

Проведя анализ существующих языков и стандартов можно выделить следующие:

Extensible Markup Language (XML) — расширяемый язык разметки информации. Описывает информацию, пересылаемую по Интернету. Запрос на получение каких-либо данных или выполнение определенных действий другим приложением требует наличия способов передачи параметров и получения обратно определенных результатов. При использовании веб-служб эта информация описывается с помощью языка XML, являющегося международным общепринятым стандартом для описания произвольных данных, которыми в свою очередь могут обмениваться информационные системы.

Simple Object Access Protocol (SOAP) — простой протокол доступа к объекту. Этот стандарт описывает протокол вызова веб-службы (удаленный процесс доступа к услугам/информации некоторой прикладной системы). То есть передаваемые параметры описываются с помощью языка WSDL, а сам процесс вызова описывается с помощью SOAP. Другими словами, этот протокол как бы описывает конверт с информацией для вызова веб-службы. И этот конверт может быть доставлен от одного приложения к другому с помощью таких транспортных протоколов как Hypertext Transfer Protocol (HTTP) или протоколов электронной почты наподобие Simple Mail Transfer Protocol (SMTP). В типичной ситуации взаимодействия система одной организации может вызвать систему другой организации, используя протокол SOAP. Запрос, который обычно содержит ту или иную форму бизнес - документа, посылается инициатором к запрашиваемой системе. Последняя принимает запрос, и входящий документ, содержащийся в запросе, обрабатывается. В результате запрошенная система генерирует ответ, который возвращается инициатору взаимодействия. Инициатор также информируется о статусе (успех или иное) запроса. Протокол SOAP основан на стандарте XML и состоит из трех частей: формат конверта, который описывает содержимое сообщения и то, как оно должно обрабатываться; набор правил кодирования для определения типов данных конкретного приложения и соглашения по выполнению удаленных вызовов процедур.

XML позволяет осуществлять разметку текстовых файлов, превращая линейный текст в гипертекст. Различные файлы иной природы, называемые часто двоичными файлами, не являются объектами

гипертекстовой разметки средствами XML. Однако спецификации языка XML позволяют интегрировать такие информационные ресурсы в гипертекст с помощью ссылок на содержащие их файлы, порождая тем самым гипермедийные информационные ресурсы, составляющие содержимое страниц Web. Наряду со ссылками на ресурсы, содержащиеся в двоичных файлах, XML-документ может содержать непосредственно их текстовое описание или ссылаться на другие XML-документы, которые его содержат. Эти последние, в свою очередь, могут содержать интегрированные в них двоичные файлы и т. д.

Главная «открытая точка» языка заключается в том, что XML - это метаязык, как и породивший его язык SGML. В отличие от языка HTML в его спецификации не фиксируется функциональная специализация элементов XML-документов, их атрибутов и семантика значений атрибутов. Именно путем конкретизации функциональности и синтаксиса элементов XML-документов можно расширять функциональность языка XML.

Второй «открытой точкой» в XML является возможность использовать так называемые пространства имен - предопределенные именованные множества имен, используемых в качестве имен типов элементов и атрибутов элементов XML-документов. Определение пространства имен позволяет также явным или неявным образом ассоциировать с именами атрибутов множества допустимых значений этих атрибутов.

Язык XML обеспечивает ту многоуровневость представления данных, которая является «врожденной» чертой систем баз данных. Вспомним хрестоматийные для специалистов в области баз данных понятия «физического» и «логического» представления данных или внешнюю, концептуальную, и внутреннюю схемы в трехсхемной технологии ANSI/X3/SPARC.

Более конкретно, XML поддерживает прежде всего «физический» уровень представления XML-документа - описание структуры его хранения. Строительными блоками для него служат так называемые сущности языка XML - файлы и фрагменты файлов различной природы (файлы с XML-спецификациями, например, файл DTD для какого-либо типа документов, или двоичные файлы графики, аудио- или видеоданных, повторяющиеся внутри XML-документа строки и т.

д.). Структура хранения XML-документа представляет собой иерархию таких сущностей. Важно отметить, что в языке XML не предусматривается отдельного описания физического представления XML-документа. Это представление - самоописываемое. Оно встроено в сам документ.

Далее, наряду с «сущностным» (физическим) поддерживается «логическое» представление XML-документов. Логическая структура XML-документа представляет собой иерархию составляющих его содержание структурных элементов, выделяемых тегами разметки. В то время как физическое представление XML-документов, как уже указывалось, является самоописываемым, для логического их представления предусматривается возможность отдельного явного описания. Именно для этой цели служит определение типа документов – DTD[4].

Стандарт языка XML позволяет описать любой объект, будь то физическая или информационная сущность. Если взять за основу то что для формирования любого результата или представления данных в CRM системе отвечает свое информационное подпространство, то представив его виде документа XML мы в дальнейшем сможем легко отправлять данные нашей CRM в другую ИС. А также принимать данные в виде XML и при необходимости дополнять их данными CRM системы. При необходимости достаточно быстро и просто можно разработать дополнительный компонент который будет пользоваться новыми данными или модернизировать существующий.

На рис. 1 продемонстрирован подход применяемый при разработке большинства CRM систем. Для интеграции с другой ИС потребуется применять технологические решения описанные выше сторонних фирм производителей и сам процесс интеграции займет много времени. При этом придется не раз отрывать сотрудников компании от работы, консультироваться с ними, проводить испытания. Все это в конечном итоге рабочее время а значит и деньги. Кроме того столкнувшись с подобными трудностями компании зачастую и вовсе отказываются от интеграции ИС, при этом продолжая работать по старинке, используя ручку и бумагу для переноса данных из одной системы в другую. Как известно при таком подходе данные подвержены искажению или вовсе потере, так как самый ненадежный элемент в этой цепочке это человек.

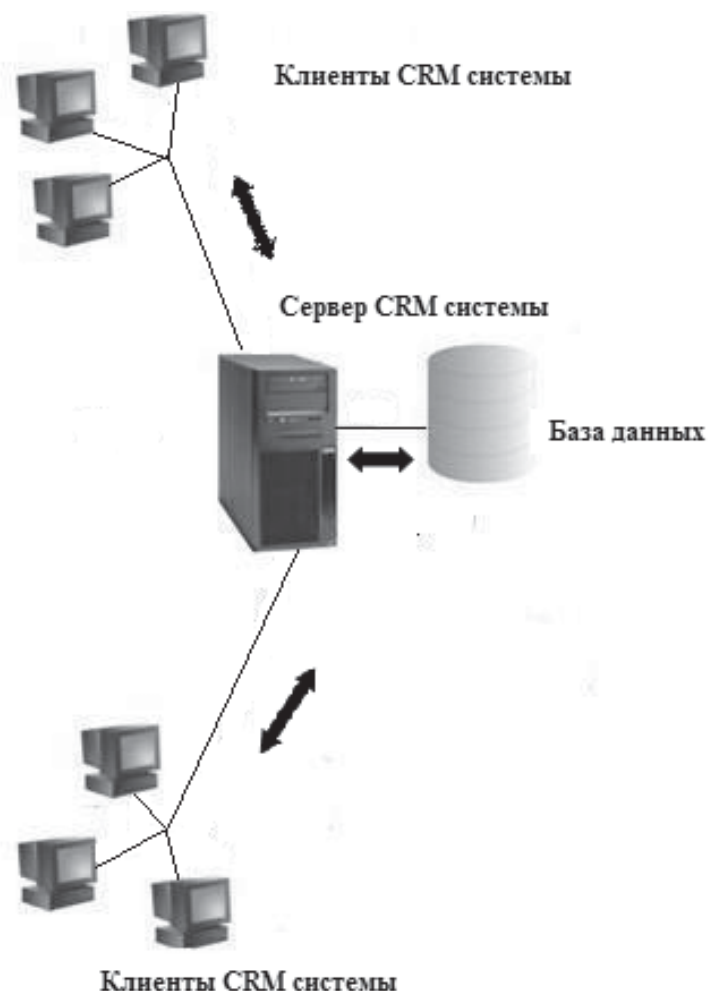


Рисунок 1 – Схема обмена информацией в большинстве CRM

На рис. 2 представлена концепция открытой CRM системы. Алгоритм функционирования такой системы следующий:

Клиенты отправляют на сервер информацию, которая попадает в базу данных.

После этого в случае необходимости формируется запрос и тоже отправляется на сервер.

Сервер запрашивает нужную информацию из базы данных посредством СУБД и с помощью специального модуля системы формирует XML документ.

Сформированный документ отправляется на компьютер клиента.

Из XML документа извлекается информация и отображается в CRM системе.

При необходимости сервер тоже может запросит от клиентов ввести в систему нужную информацию и проконтролировать выполнения этой операции.

Важный момент в этой цепочке состоит в том что структура данных XML документа совершенно не привязана к клиентскому приложению. Другими словами при отправке XML документа мы закладываем в него то что хотим получить на компьютере клиенте и нас совершенно не беспокоит как это произойдет. Всегда можно добавить или изменить модуль, говоря на языке разработчиков «заточить» его под необходимые данные и не волноваться о способе их передачи. Поэтому целесообразно включать в сборку системы модуль который бы мог собрать и предоставить любую информацию ИС и в любом количестве в виде XML документа.

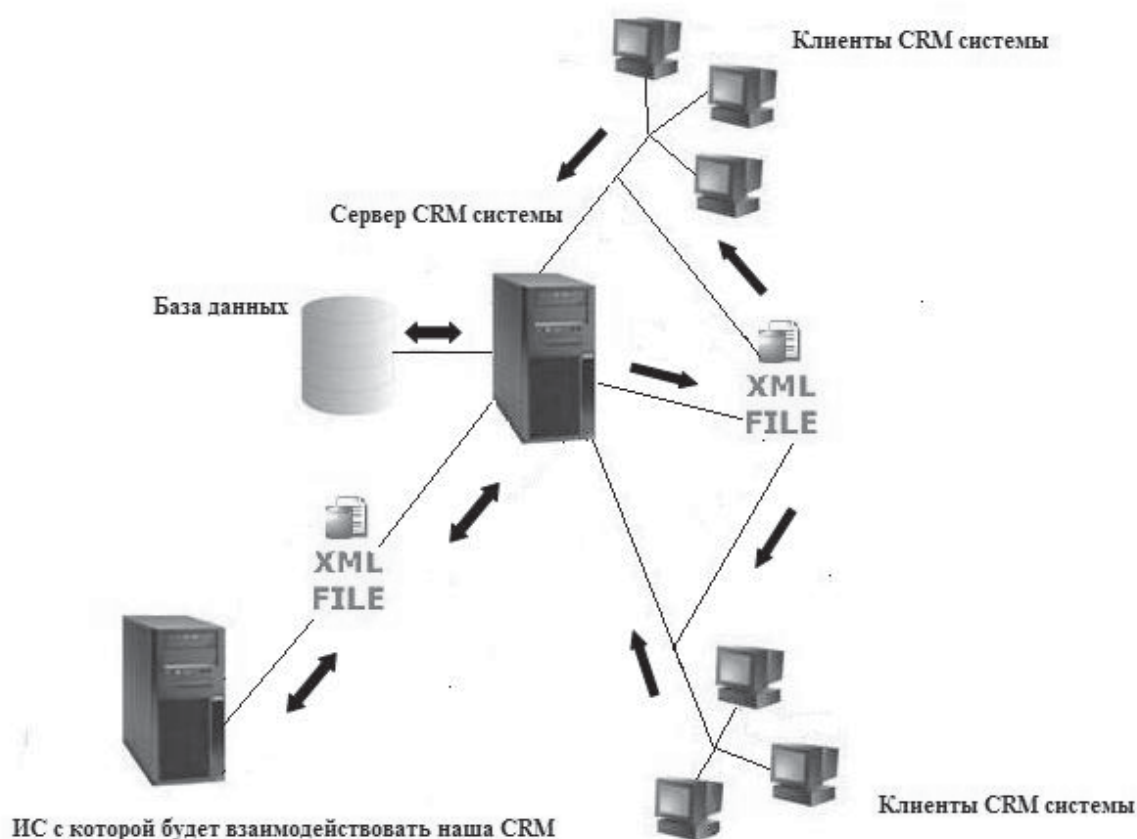


Рисунок 2 – Схема обмена информацией в открытой CRM

На стороне сервера не нужно переделывать всю систему, необходимо изменить лишь процедуру формирования XML документа, описав в ней все необходимые данные для клиента. Будь то добавление новых, или изменение способ расчета текущих.

Похожая ситуация происходит и при передаче или получении информации из другой ИС. Сформировав XML документ со всеми данными которые запросит сторонняя ИС, мы гарантированно будем знать что она их получит. И получив от нее необходимые данные в

виде XML наш сервер сможет записать их в базу или использовать при формировании XML документа для отправки на клиент. Запрос от клиента будет идти не напрямую к сторонней ИС а через сервер. При этом сервер сторонней ИС получит запрос с номером транзакции и при формировании ответного XML он включит туда этот номер и наш сервер будет знать кому из клиентов предназначаются данные. Эти данные он просто включит в XML документ для клиента, или просто перешлет его дальше, если клиент не запросил больше ничего у сервера.

Есть один важный момент в работе подобного механизма. Это процедура формирования XML документа на запрашиваемые данные. Он достаточно сложный поскольку от того насколько четко она будет организована зависит точность отправляемых данных. Механизм на стороне сервера должен отслеживать последние изменения и передавать их вместе с запросом конкретных данных компьютера клиента.

### **Выводы**

Подобный подход делает процесс интеграции намного проще и дешевле нежели установка дополнительных программ интеграторов или переделывания самой системы. В большинстве подобных систем используется либо XML, либо технологии производные от него на подобии SOAP. Более того компания может позволить себе поэтапное внедрение самой CRM системы и сама составить набор функциональности согласно своего бюджета, а внедрять дополнительные модули не боясь очередной перестройки всей информационной структуры компании.

Существует много программных средств которые работают и с XML форматом и с базами данных. Среди них относительно новая и богатая компонентами для разработчика платформа Flex. Платформа Flex это оптимальный вариант для разработки как настольных так и насыщенных Web-приложений. Используя ее для разработки CRM системы, мы получим привлекательный интерфейс в комплексе с возможностью работы с базами данных и XML форматом. Приложение разработанное на платформе Flex имеет все шансы на стать конкурентоспособным на рынке CRM решений для бизнеса. А дальнейшее изучение проблемы интеграции позволит упростить и ускорить процессы в инсталлированных на предприятии ИС.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Виктор Демьянов, “Интеграция информационных систем”, Connect! Мир Связи, 11.2007.
2. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304с.
3. Когаловский М.Р. “Перспективные технологии информационных систем”, Москва ИТ-Экономика, 2003. 288с.
4. W3C Recommendation 10 February 2004, RDF/XML Syntax Specification, <http://www.w3.org/>

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИХОВАНИХ МАРКОВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ АНОМАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ЯВИЩ

*Робота присвячена розробці математичного апарату для прогнозування аномальних природних явищ. Зроблено висновки щодо необхідності врахування екзогенних процесів в розрахунку показників екологічної складової сталого розвитку. Запропоновано підхід до ситуаційного аналізу екологічних процесів, який ґрунтується на використанні прихованих марковських моделей. Наведено перелік задач, які необхідно розв'язувати при використанні прихованих марковських моделей для прогнозування аномальних природних явищ. Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість описувати як явно визначені процеси, так і приховані впливи, які, як правило, мають місце в екології.*

*Ключові слова: аномальні природні явища, прогнозування, приховані марковські моделі.*

**Вступ.** Глобальність сучасних процесів, зростаючі обсяги інформації і час, що скорочується, на вироблення і прийняття управлінських рішень, вимагають створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, нагромадження й обробки інформаційної бази результатів контролю і безлічі типових рішень для осіб і організацій, що відповідальні за прийняття і виконання рішень в еколого-економічному середовищі. Рішення цієї задачі вимагає у свою чергу розробки нових підходів, моделей методів і алгоритмів з позиції досягнення єдиної мети в умовах різномірної невизначеності.

В останні роки стає зрозуміло, що основою розв'язання гострих соціально-економічних і ресурсо-екологічних проблем є перехід до моделі сталого розвитку. Концепція сталого розвитку економіки визнана світовою спільнотою народів домінантною ідеологією розвитку людської цивілізації у ХХІ ст., стратегічним напрямом забезпечення матеріального, соціального і духовного прогресу суспільства.

Сталий соціально-економічний розвиток означає, таке функціонування народногосподарського комплексу, коли одночасно забезпечуються: задоволення зростаючих матеріальних і духовних потреб населення; раціональне та екологічнобезпечне господарювання й високоефективне використання природних ресурсів; підтримання сприятливих для здоров'я людини природно-екологічних умов життєдіяльнос-

ті, збереження, відтворення і примноження якості довкілля та природно-ресурсного потенціалу суспільного виробництва. Інакше кажучи, сталий розвиток — це насамперед економічне зростання, за якого ефективно розв'язуються найважливіші проблеми життєзабезпечення суспільства без виснаження, деградації і забруднення довкілля.

У 20 столітті, особливо в останній його третині, у зв'язку з посиленням впливу людини на природу, екологія набула особливого значення як наукова основа раціонального природокористування і охорони живих організмів. З 80-х років 20ст. екологічні проблеми, породжені сучасним суспільним розвитком, викликали сплеск наукових досліджень, технічних розробок і законодавчих рішень, мета яких — охорона навколишнього середовища і стійкий економічний розвиток сучасного суспільства [1].

Але бурхливий ріст досліджень в області математичного моделювання в екології поки що не привів до створення узагальнюючих екологічних моделей, які погоджують всі елементи екологічних процесів у цілісну єдину систему.

**Основна частина.** Існують дві основні групи процесів по своєму генезису або природі походження:

- ендегенні (антропогенні), викликані господарською діяльністю людини, які можуть бути керованими й у визначених випадках здемпфованими, або навіть відверненими;

- екзогенні, що є проявом космічних і внутрішніх геологічних процесів і змін, які носять суцього об'єктивний характер, не піддаються керуванню, але можуть спостерігатися, прогнозуватися, передбачатися й отже, можуть бути розроблені комплекси заходів для мінімізації можливого збитку.

В рамках теорії сталого розвитку обмежуються, здебільше, розглядом ендегенних процесів, але і екзогенні процеси так само впливають на навколишнє середовище і на якість людського життя

Екзогенні екологічно небезпечні процеси відрізняються складними взаємозв'язками, взаємозалежностями, взаємодіями різноманітних факторів і причин, мають наступні характерні властивості й особливості: різнорідність і різнотипність причин і факторів, дії яких приводять до їхнього виникнення; просторова розподіленість умов виникнення, невизначеність у часі і просторі динаміки розвитку і ре-

гійонів їхнього впливу на екосередовище; нестаціонарність властивостей і невизначеність їхніх характеристик.

Серед всієї кількості екзогенних процесів варто виділити клас процесів, які неможливо моделювати за допомогою динаміко-чисельних методів, а через відсутність певної періодичності (добової, місячної, річної, або іншої сталої періодичності) їх важко описувати за допомогою емпірико-статистичних методів. В природі саме такі процеси викликають найбільш сильний негативний вплив як на чинники, які впливають на якість життя людини, так і на саме природне середовище. Зазвичай це є шторми, тайфуни, цунамі, гірські обвали, каменепаді, зсуви, селі, водна ерозія, паводки, зливи, снігопади, снігові лавини, землетруси. Такі процеси називають аномальними.

Аномальні природні процеси — це підмножина складних фізичних систем, із усіма їхніми властивостями — відкритістю, динамічністю, унікальністю, слабкою формалізуємістю, багатокритеріальністю в контексті вибору рішень, невизначеністю, що зумовлено неповнотою або відсутністю знань про природу даного процесу, обмеженою можливістю математичного опису й обчислювальної реалізації, складністю в застосуванні технічних засобів виміру або керування, наявністю стохастичного або суб'єктивного (волютаристичного) факторів.

**Ціль роботи.** Актуальною є задача розробки аналізу протікання таких процесів, а також розробити методи прогнозування таких процесів для подачі інформації в систему розрахунків відповідних індикаторів екологічної складової концепції сталого розвитку..

**Методи вирішення задачі.** Одним з можливих варіантів вирішення цієї задачі є підхід до ситуаційного аналізу екологічних процесів, який ґрунтуються на використанні прихованих марковських ланцюгів. Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість описувати як явно визначені процеси, так і приховані впливи, які, як правило, мають місце в екології. Застосування такого підходу до ситуаційного аналізу в екології дасть можливість суттєво підвищити якість розпізнавання ситуацій та підвищити якість рішень щодо цих ситуацій. [2].

Різні розробки Марковських моделей на сьогодні мають широке застосування щодо вирівнювання послідовностей (білків, ДНК, тощо), а також для виявлення гомології між ними та пошуку й розпізнавання послідовностей, деяким узагальненою подібністю.

Під марковським ланцюжком в узагальненому розумінні маємо послідовність випадків, кожне з яких відбувається із певною ймовірністю. Перші застосування цього математичного апарату були для розпізнавання мови.

Головною задачею розпізнавання, яку ми досліджуємо, використовуючи математичний апарат марковських моделей, полягає в наступному. Нехай маємо дві довгих послідовності координат, потрібно виявити наскільки ці послідовності належать одній події, є близькими за своєю статистичною структурою. При цьому наш висновок повинен бути стійким щодо мало суттєвих змін, таких як вставки та випадання окремих дільниць послідовностей, переставляння невеликих фрагментів та ін.

Можна порівнювати й цілком невеликі послідовності, але тоді їх повинно бути достатньо. Статистична наближеність послідовностей може бути наслідком подоби їх функціональних властивостей або єдності виникнення (належить одному оператору). Наприклад, маючи набір послідовностей одного оператора, можна виявити чи належить цьому оператору деяка послідовність чи ні. Тип марковської моделі обирається в залежності від змісту завдання.

Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість описувати як явно визначені процеси, так і приховані впливи, які, як правило, мають місце в екології. Застосування такого підходу до ситуаційного аналізу в екології дасть можливість суттєво підвищити якість розпізнавання ситуацій та підвищити якість рішень щодо цих ситуацій.

Проте для систем визначення параметрів процесу традиційна марковська модель не дає точного опису і може застосовуватися лише із значними обмеженнями, оскільки реальні системи визначення параметрів процесу мають структуру вкладених стохастичних систем.

Розглянутий вище тип марковських моделей може бути добре застосовний там, де стани моделі відповідають реально спостережуваним подіям, проте такі моделі дуже обмежені, щоб бути застосовними до великого числа різних завдань.

На практиці найбільш поширені так звані приховані марковські моделі (ПММ). Вони описують вкладені стохастичні процеси, коли реально спостерігаються тільки події зовнішнього процесу, а

події якогось прихованого процесу не спостерігаються безпосередньо – вони можуть бути визначені тільки із спостережень зовнішнього процесу. У таких моделях спостережувані події є імовірнісними функціями від реального стану системи.

Для повного визначення ПММ необхідно задати два параметри спостережуваних символів природного процесу ( $M$  і  $N$ ), і три імовірнісні величини  $A, B$  і  $\Pi$ . Для компактності записують так:  $\lambda = (A, B, \Pi)$ , де

1)  $N$  – число станів екологічної моделі. Не дивлячись на те, що внутрішні стани системи приховані, для реальних додатків число станів  $N$  вибирається, виходячи з фізичних властивостей модельованого процесу. Позначатимемо конкретне значення стану як  $S$  і стан системи у момент часу  $t$  як  $S_t$ .

2)  $M$  – число різних, спостережуваних в кожному стані символів (тобто розмір алфавіту). Спостережувані символи відповідають фізичному виходу модельованої системи. Далі умовимося позначати конкретні символи як  $O_1, O_2, \dots, O_t$

3)  $A = \{a_{ij}\}$  – матриця вірогідності переходів, де  $a_{ij} = P[q_{i+1} = S_j \mid q_i = S_i]$ ,  $1 \leq i, j \leq N$

Для спеціального випадку, коли будь-який стан може бути доступний з будь-якого іншого за один крок (повнозв'язний граф), для всіх  $a_{ij}$  виконується умова  $a_{ij} > 0$ . Для інших випадків може бути рівною 0 для однієї або декількох пар  $i$  і  $j$ .

4)  $B = \{b_j(k)\}$  – розподіл вірогідності спостережуваних символів в стані  $j$

де  $b_j(k) = P[v_k \mid q_i = S_j]$ ,  $1 \leq j \leq N$ ,  $1 \leq k \leq M$  (для безперервного випадку  $b_j(k)$  задається як функція розподілу щільності вірогідності).

5)  $\Pi = \{\Pi_i\}$  – вірогідність кожного початкового стану,

**Основні завдання при застосуванні ПММ.** Основні завдання при застосуванні ПММ до визначення параметрів процесів наступні. Для використання ПММ при розпізнаванні мови необхідно вирішити три задачі.

Завдання 1: Якщо задані послідовність спостережень природного процесу і екологічна модель  $\lambda = (A, B, \Pi)$  то як ефективно обчислити  $P(O | \lambda)$  - вірогідність такої послідовності при заданих параметрах моделі?

Завдання 2: Якщо задані послідовність спостережень природного процесу і екологічна модель  $\lambda = (A, B, \Pi)$  то як визначити відповідну послідовність внутрішніх станів ?

Завдання 3: Якщо задані послідовність спостережень природного процесу, то як визначити параметри екологічної моделі  $\lambda = (A, B, \Pi)$ , виходячи з критерію максимізації  $P(O | \lambda)$ ?

Всі три задачі мають свої алгоритми вирішення. [3].

Розв'язання першої задачі дозволить ефективно розпізнавати елементи з деякого обмеженого набору, маючи готові, вже навчені моделі цих елементів. В цьому випадку наявний елемент дискретизується і після сегментації на певні примітиви, розглядається як набір послідовностей спостережень. Замість безпосередньо графічного сигналу системи зазвичай працюють з якимсь набором примітивів (меншим за об'ємом), що характеризує наявний сигнал. Цей етап називається передобробкою сигналу. Потім кожна послідовність спостережень, що є невідомим словом, перевіряється на відповідність всім наявним в словнику моделям слів. Для цього обчислюється вірогідність генерації такої послідовності спостережень кожній з наявних в словнику моделей. Слово, модель якого з найбільшою вірогідністю генерує таку послідовність спостережень, і є результатом розпізнавання.

Розв'язання другої задачі дозволяє виявляти «приховану» частину моделі, тобто знаходити її внутрішні стани. Насправді визначити ту послідовність станів, яка мала місце, неможливо, а у випадку з визначанням такої послідовності просто немає, оскільки вважається, що модель мовоутворення людини не носить стохастичний характер. Проте, знаходження оптимальної послідовності дає нам додатковий критерій порівняння при пошуку оптимальної моделі і дозволяє виявляти статистичні характеристики конкретних станів моделі.

Розв'язання третього завдання дозволяє навчати моделі, тобто обчислювати параметри моделі так, щоб вона найкращим чином описувала так звані «тренувальні» послідовності. Завдання трену-

вання моделей вважається найскладнішим при використанні ПММ в системах визначення параметрів процесу, оскільки невідомо єдиного і універсального способу її рішення, а від результату навчання моделей залежить якість роботи системи розпізнавання.

**Висновки.** Оскільки традиційні ПММ погано моделюють тривалість стану (для цього доводиться послідовно включати в модель декілька однакових станів або підвищувати вірогідність переходу системи з даного стану в саме себе), то в них доводиться явно вводити щільність тривалості стану і забороняти переходи моделі з будь-якого стану в саме себе. Така ПММ носить назву «ПММ з тривалістю станів». На практиці в системах визначення параметрів це може бути корисно для того, щоб врахувати різницю в тривалості перебування сигналу в певному стані.

Таким чином за наявності певної статистики попередніх спостережень природних процесів можна з певною ймовірністю прогнозувати час появи, а також параметри протікання аномальних природних процесів різної природи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Селін Ю.М. Системний аналіз екологічно небезпечних процесів різної природи / Ю.М. Селін // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2007. — № 2. — С.22–32.
2. Baum L.E. «An inequality and associated maximization technique in statistical estimation for probabilistic functions of Markov processes», *Inequalities*, vol.3, pp. 1-8, 1972.
3. Rabiner L.R., «A tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition», *Proceedings of the IEEE*, vol, 77. no.2, February 1989, pp. 257-284.

## ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ СИСТЕМ

*Вибрано принципи побудови, запропоновано методику вибору елементної бази, розроблено структуру та проведено оцінювання основних параметрів комп'ютерних нейроорієнтованих систем.*

*Ключові слова: комп'ютерна система, проблемна орієнтація, нейроні, програмовані логічні інтегральні схеми, процесори цифрової обробки сигналів.*

### Постановка проблеми

Вимоги, що висуваються до комп'ютерних нейромережових засобів за продуктивністю та ефективністю використання обладнання не забезпечуються в рамках традиційних підходів до їх реалізації. Одним із основних шляхів підвищення ефективності використання обладнання та забезпечення виконання високої продуктивності є спеціалізація та проблемна орієнтація комп'ютерних засобів на реалізацію нейроалгоритмів. При спеціалізації та проблемній орієнтації здійснюється орієнтація структури, системи команд і принципів організації обчислень в комп'ютерних засобах на реалізацію нейроалгоритмів. В спеціалізованих і проблемно-орієнтованих комп'ютерних засобах в залежності від вимог за швидкістю нейроалгоритми можуть бути реалізовані програмним, мікропрограмним або апаратним шляхом. Кожен із перерахованих видів реалізації нейроалгоритмів має свої особливості, переваги і недоліки. В сучасних комп'ютерних засобах для реалізації нейроалгоритмів використовуються комбіновані підходи з перевагою одного з перерахованих видів. Вибір виду реалізації ґрунтується на забезпеченні високої ефективності використання обладнання  $E$  та вимог конкретного застосування. Критерій ефективності використання обладнання  $E$  зв'язує продуктивність з витратами обладнання та дає оцінку комп'ютерним елементам за продуктивністю [1]. Кількісна величина ефективності використання обладнання для комп'ютерних засобів аналізу та синтезу зображень визначається наступним чином:

$$E = \frac{R}{t_{pz} W}$$

де  $R$  – складність нейромережових алгоритмів, яка визначається кількістю елементарних арифметичних операцій;  $t_{pz}$  – час розв’язання задачі;  $W$  – витрати обладнання на реалізацію комп’ютерних нейромережових засобів.

Розробка комп’ютерних нейромережових засобів з високою ефективністю використання обладнання вимагає широкого використання сучасної елементної бази (напівзамовних і замовних НВІС, однокристальних процесорів обробки сигналів), розробки нових методів, алгоритмів і спеціалізованих структур, орієнтованих на реалізацію базових операцій і нейромережових алгоритмів.

Тому актуальною проблемою є розробка комп’ютерних нейромережових засобів з високою ефективністю використання обладнання

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Аналіз останніх досліджень і публікацій у галузі розробки комп’ютерних нейромережових засобів [1-9] показує, що такі засоби в основному реалізуються програмним шляхом на базі комп’ютерних систем з структурною організацією універсального типу. Така реалізація нейромереж має такі недоліки:

- апаратні засоби є надлишковими в функціональному та структурному відношенні;
- комп’ютерні системи не враховують вимоги конкретних застосувань щодо продуктивності, габаритів, споживаної потужності;
- невисока ефективність використання обладнання.

Апаратна реалізація нейромереж у вигляді спеціалізованої алгоритмічної системи, архітектура та організація обчислювального процесу в якій відображає структуру нейроалгоритму вимагає значних затрат обладнання та повного відпрацювання алгоритму.

Тому для реалізації штучних нейронних мереж (ШНМ) з високою ефективністю використання обладнання необхідно поєднувати універсальні і спеціалізовані підходи, програмні та апаратні засоби, тобто використовувати проблемно-орієнтований підхід.

### **Завдання і мета дослідження**

Розробка комп’ютерних нейромережових систем з високою ефективністю використання обладнання вимагає проблемно-орієнтованого підходу з поєднанням універсальних і спеціалізованих засобів. При цьому розробка комп’ютерних нейроорієнтованих систем з заданими технічними параметрами повинна зводитися до доповнен-

ня обчислювального ядра додатковими спеціалізованими модулями. Розробка високопродуктивних спеціалізованих модулів вимагає широкого використання сучасної елементної бази, розпаралелювання і конвеєризації нейроалгоритмів.

Мета дослідження полягає в виборі принципів побудови, методики вибору елементної бази, розробленні структури та в оцінюванні основних характеристик комп'ютерних нейроорієнтованих систем.

### **Виклад основного матеріалу**

**Вибір принципів побудови комп'ютерних нейроорієнтованих систем.** Розробку комп'ютерних нейроорієнтованих систем пропонується здійснювати на основі інтегрованого підходу, який охоплює [4]:

- сучасну елементну базу, апаратні та програмні комп'ютерні засоби;
- неромережеві методи та алгоритми;
- обчислювальні методи, алгоритми та НВІС-структури для реалізації базових операцій нейроалгоритмів.

В основу побудови комп'ютерних нейроорієнтованих систем необхідно покласти принципи, які дозволять зменшити вартість, терміни і розширити галузі їх застосування. Аналіз показує, що забезпечити дані вимоги можна при використанні таких принципів побудови [3,4]:

- змінного складу обладнання, що передбачає наявність ядра та змінних програмних і апаратних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретного застосування;
- модульності, який передбачає розробку компонентів нейроорієнтованих систем у вигляді модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс;
- конвеєризації та просторового паралелізму обробки даних;
- відкритості програмного забезпечення, що передбачає можливість нарощування та його вдосконалення, максимального використання стандартних драйверів та програмних засобів;
- спеціалізації та адаптації апаратно-програмних засобів до структури нейроалгоритмів;
- програмованості архітектури шляхом використання репрограмованих логічних інтегральних мікросхем.

Вибір елементної бази для реалізації комп'ютерних нейроорієнтованих систем. Вибір елементної бази для реалізації комп'ютерних нейроорієнтованих систем доцільно здійснювати шляхом порівняння за параметром ефективності, який враховує продуктивність, габарити, потужність споживання та ціну. Даний параметр визначається так:

$$E_i = n_i t_i g_i k_i p_i s_i c_i \frac{\Pi_i}{\beta P_i \alpha S_i C_i},$$

де  $i=1, \dots, m$ ;  $m$  – кількість варіантів;  $n_i$  – пороговий коефіцієнт, який враховує вимоги за продуктивністю;  $t_i$  – пороговий коефіцієнт, який враховує вимоги за температурою;  $g_i$  – пороговий коефіцієнт, який враховує спеціальні вимоги;  $p_i$  – пороговий коефіцієнт, який враховує вимоги за потужністю споживання;  $s_i$  – пороговий коефіцієнт, який враховує вимоги габаритів;  $c_i$  – пороговий коефіцієнт, який враховує вартість системи;  $\Pi_i$  – продуктивність  $i$ -о варіанта системи;  $P_i$  – потужність споживання  $i$ -о варіанта системи;  $S_i$  – габарити  $i$ -о варіанта системи,  $C_i$  – вартість  $i$ -о варіанта системи;  $\beta$  – коефіцієнт врахування потужності споживання;  $\alpha$  – коефіцієнт врахування габаритів.

Аналіз [8,9] показав, що в даний час найчастіше для побудови комп'ютерних нейроорієнтованих систем використовується така елементна база:

- нейросигнальні процесори (нейрочіпи);
- систолічні процесори;
- програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС);
- процесори загального призначення;
- процесори цифрової обробки сигналів (ПЦОС).

Ядро нейросигнальних процесорів являє собою типовий ПЦОС, а реалізована на кристалі додаткова логіка забезпечує виконання нейромережових операцій. Нейрочіпи спеціально розроблені для застосування в нейромережах і більшість з них орієнтовані на конкретні спеціалізовані системи.

Систолічні процесори - це матричні процесори, які працюють за конвеєрним принципом, виконуючи ритмічні обчислення і ритмічну передачу даних в системі і об'єднують в своєму складі деяке число процесорних елементів, а вся інша логіка реалізована на базі периферійних схем. При цьому може бути досягнута висока ступінь паралельності обробки даних. Недоліком цих систем може бути названа вузька спеціалізація обробних елементів, це веде до того, що систолічна матриця повинна бути оточена великою кількістю периферійних схем, що реалізують додаткову логіку, наприклад, модуль пам'яті ваг.

ПЛІС є однією із найперспективніших елементних баз для реалізації спеціалізованих компонентів комп'ютерних нейроорієнтованих систем. Такі мікросхеми складаються з множини однотипних елементів, що збільшує надійність їх роботи та спрощує проектування спеціалізованих компонентів.

Процесори загального призначення використовуються для реалізації програмних компонентів комп'ютерних нейроорієнтованих систем. Для цього розроблені бібліотеки для мов високого рівня, що реалізують різноманітні функції, які використовуються в комп'ютерних нейроорієнтованих системах, розроблені розширення об'єктно-орієнтованих мов, які дозволяють оперувати з нейромережами на рівні об'єктів та візуальні засоби розробки нейроорієнтованих систем.

ПЦОС найбільш часто застосовуються для реалізації процесорних ядер комп'ютерних нейроорієнтованих систем. Особливістю ПЦОС є високий ступінь спеціалізації та мала тривалість командного циклу, конвеєризація на рівні окремих мікроінструкцій та інструкцій, розміщення операндів більшості команд в регістрах, використання тіньових регістрів для збереження стану обчислень, поділ шин на шини команд і даних (гарвардська архітектура). Для ПЦОС характерним є наявність апаратного помножувача, що дозволяє виконувати множення чисел за один командний такт. Іншою особливістю ПЦОС є включення в систему команд таких операцій, як множення з накопиченням та різноманітних бітових операцій. В ПЦОС підтримується множинний доступ до пам'яті за один командний цикл. Основними фірмами, які випускають ПЦОС є Texas Instruments, Analog Devices та Motorola. При реалізації комп'ютерних нейроорієнтованих систем, розрахованих на побудову багатоканальних систем невеликої розмір-

ності - найкращим варіантом за критерієм якість/вартість є сигнальні процесори фірми Analog Devices (ціна аналогічного процесора Texas Instruments майже в два рази вища, при більш низьких показниках продуктивності).

**Структура комп'ютерних нейроорієнтованих систем.** Структуру комп'ютерної нейроорієнтованої системи можна представити у вигляді постійної частини  $F$  - процесорного ядра, яке реалізується на базі мікропроцесора ЦОС та змінної частини  $V$  - спеціалізованих модулів, які реалізують базові операції нейроалгоритмів. Структура комп'ютерної нейроорієнтованої системи наведена на рис.1.

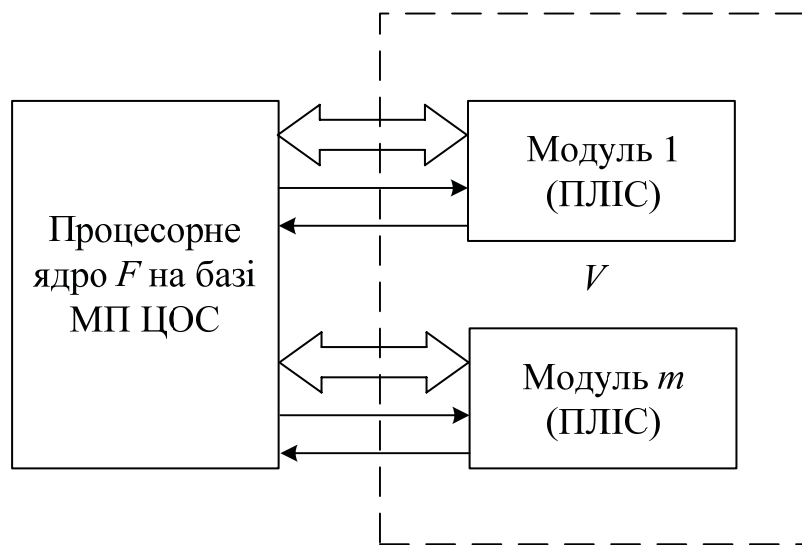


Рисунок 1 – Структура комп'ютерної нейроорієнтованої системи

Основою процесорного ядра комп'ютерної нейроорієнтованої системи є ПЦОС, який має набір команд добре пристосованих для виконання базових операцій нейроалгоритмів, а також повний набір команд загального призначення. Переважна більшість алгоритмів нейропарадигм зводиться до виконання обмеженого набору базових операцій типу “додавання – множення”. В таких ПЦОС за рахунок вдалих архітектурних і технологічних рішень вдалось поєднати високу швидкість виконання базових операцій нейроалгоритмів з ефективною реалізацією алгоритмів управління та прийняття рішень. Особливостями архітектури ПЦОС є:

- розвинута багатопинна організація, що дозволяє виконувати пересилання даних між різними функціональними вузлами;
- одночасне транспортування всіх операндів до операційного пристрою;

- використання апаратних засобів для виконання операції множення з підсумовуванням;
- виконання паралельно з основними операціями функцій адресації, переадресації, розгалуження програми;
- застосування апаратно вбудованих засобів організації циклічних обчислень, що переважають в нейроалгоритмах;
- використання модифікованої гарвардської архітектури;
- набір команд для виконання з підвищеною точністю арифметичних операцій;
- короткий командний цикл і виконання більшості команд за один цикл;
- здатність підтримувати конвеєрну обробку;
- зменшення довжини арифметичного конвеєра за рахунок використання багатопортової пам'яті;
- використання для обміну швидкодіючих каналів прямого доступу до пам'яті;
- механізм підтримки багатопроцесорності.

Необхідно відмітити, що основні характеристики процесорного ядра комп'ютерної нейроорієнтованої системи визначаються особливостями архітектури і технічними характеристиками ПЦОС. До числа таких характеристик відносяться: довжина інформаційного слова; число основних команд і час їх виконання; ємність пам'яті, що може адресуватися; ємності внутрішньокристалльної пам'яті даних і програм та кількість внутрішніх регістрів.

Структура комп'ютерних нейроорієнтованих систем залежить від конкретних вимог і множини нейроалгоритмів ( $N$ ), які використовуються для розв'язання задач. При розв'язанні конкретної задачі здійснюється розподіл алгоритмів розв'язання задачі між обладнанням  $F$  і  $V$

$$N = N_F + N_v$$

де  $N_F$  – множина алгоритмів, які виконуються на обладнанні  $F$ ;  $N_v$  – множина алгоритмів, які виконуються на обладнанні  $V$ .

В залежності від співвідношення  $N_F$  і  $N_v$  комп'ютерні нейроорієнтовані системи діляться на такі типи:

- з переважним використанням процесорного ядра (постійного обладнання F), коли  $N_F \rightarrow N$ ,  $N_V \rightarrow 0$ ,  $N_F \gg N_V$ ;
- з переважним використанням спеціалізованих модулів (змінної частини V), коли  $N_F \rightarrow 0$ ,  $N_V \rightarrow N$ ,  $N_F \ll N_V$ ;
- з рівномірним використанням постійного обладнання F і змінної частини V, коли  $N_F \approx N_V$ .

Перший тип комп'ютерних нейроорієнтованих систем характеризується тим, що основний обсяг обчислювальних потужностей зосереджений в процесорному ядрі.

В другому типі комп'ютерних нейроорієнтованих систем основні обчислювальні алгоритми реалізуються з допомогою спеціалізованих модулів, а процесорне ядро використовується для виконання допоміжних сервісних функцій.

Третій тип комп'ютерних нейроорієнтованих систем характеризується тим, що процесорне ядро забезпечує реалізацію алгоритмів управління, операцій введення-виведення та сервісних функцій, а спеціалізовані модулі – реалізують обчислювальні нейроалгоритми, які вимагають великого об'єму обчислень.

**Аналіз оцінок основних параметрів комп'ютерних нейроорієнтованих систем.** Однією з основних оцінок комп'ютерних нейроорієнтованих систем є швидкодія яка залежить від множини параметрів, основними з яких є [7]:

- тактова частота приймання вхідних даних та час запису в буферну пам'ять;
- тактова частота видачі результатів опрацювання та час циклу звертання до пам'яті;
- швидкодія ПЦОС та ПЛІС;

Для опрацювання неперервних потоків даних в режимі реального часу продуктивність комп'ютерних нейроорієнтованих систем повинна бути

$$\Pi_{noc} \geq \frac{R}{t_{розв.зад}},$$

де R – складність нейроалгоритму;  $t_{розв.зад}$  - час розв'язання задачі, який визначається так:

$$t_{розв.зад} = t_{вв}(1 - l_1) + t_{обр} + t_{вив}(1 - l_2)$$

де  $t_{\text{вв}}$  – час введення інформації,  $l_1$  – коефіцієнт врахування часового суміщення операцій введення з виконанням процесу обробки,  $t_{\text{обр}}$  – час обробки,  $t_{\text{вив}}$  – час виведення результатів розв’язання задачі,  $l_2$  – коефіцієнт суміщення процесу виведення з процесом обробки.

В загальному ефективність комп’ютерних нейроорієнтованих систем визначається тим, як архітектура системи пристосована до розв’язання конкретної задачі та обчислюється так:

$$E_{\text{нс}} = \frac{V_{\text{р}}}{V_{\text{н}}},$$

де  $V_{\text{р}}$  – реальна швидкодія,  $V_{\text{н}}$  – номінальна швидкодія.

Витрати обладнання на реалізацію комп’ютерної нейроорієнтованої системи обчислюються за такою формулою:

$$W_{\text{нс}} = W_{\text{пЯ}} + W_{\text{п}} + W_{\text{пУ}} + \sum_{i=1}^n W_{\text{см}_i} m$$

де  $W_{\text{пЯ}}$  – витрати обладнання на процесорне ядро;  $W_{\text{п}}$  – витрати обладнання на пам’ять,  $W_{\text{пУ}}$  – витрати обладнання на пристрій управління,  $W_{\text{см}_i}$  – витрати обладнання на  $i$ -й спеціалізований модуль;  $m$  – кількість спеціалізованих модулів  $i$ -го типу;  $n$  – кількість типів спеціалізованих модулів.

### Висновки

1. Структура комп’ютерних нейроорієнтованих систем представляється у вигляді постійної частини – процесорного ядра на базі ПЦОС та змінної частини, яка складається з спеціалізованих модулів, кількість яких залежить від вимог конкретного застосування.

2. Комп’ютерні нейроорієнтовані системи доцільно реалізовувати на основі інтегрованого підходу, який охоплює сучасну елементу базу, апаратні та програмні засоби, нейромережеві методи та алгоритми, обчислювальні методи, алгоритми та НВІС-структури та ґрунтується на таких принципах: змінного складу обладнання, модульності, конвеєризації та просторового паралелізму обробки даних, відкритості програмного забезпечення, спеціалізації та адаптації апаратно-програмних засобів до структури нейроалгоритмів.

3. Для вибору структури комп'ютерних нейроорієнтованих систем запропоновано використовувати критерій ефективності використання обладнання, який зв'язує продуктивність з витратами обладнання та дає оцінку елементам системи за продуктивністю..

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Проблемно–ориентированные высокопроизводительные вычислительные системы: В.Ф. Гузик, В.Е. Золотовский: Учебное пособие. Таганрог:Изд-во ТРТУ, 1998. 236 с.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992. – 259с.
3. Sorin Draghici. Neural Networks in Analog Hardware - Design and Implementation Issues. IEEE. February, 2000.
4. З.М. Любунь. Основы теорії нейромереж. Текст лекцій. Львів. Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка. 2006, - 236с.
5. А.В. Палагин, В.Н. Опанасенко. Реконфигурируемые вычислительные системы. – К.: Просвіта, 2006.- 280с.
6. Николаев А.Б., Фоминых И.Б. Нейросетевые методы анализа и обработки данных. Учебное пособие. - М.: МАДИ (ГТУ), 2003, - 95с.
7. Цмоць І.Г. Інформаційні технології та спеціалізовані засоби обробки сигналів і зображень у реальному часі. – Львів: УАД, 2005.- 227с.
8. Грибачев В. П. Элементная база аппаратных реализаций нейронных сетей // Компоненты и технологии. 2006. № 8
9. Круг П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: Учебное пособие по курсу «Микропроцессоры». – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 176 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

*Робота присвячена використанню псевдовипадкових послідовностей у пристроях синхронізації систем передачі інформації. Запропоновано метод синхронізації інформаційної послідовності та схема пристрою кадрової синхронізації із використанням кодів Баркера. Розглянуто поведінку коду Баркера під впливом похибок та визначено умови його використання у пристроях синхронізації.*

*Ключові слова: псевдовипадкова послідовність, код Баркера, кадрова синхронізація.*

### Псевдовипадкові послідовності у системах передачі інформації

Шумоподібні сигнали все більше використовуються у системах передачі інформації. [1]. При проектуванні таких систем важливим є вирішення наступних питань:

1. Вибір виду сигналів з необхідними спектральними і кореляційними властивостями.

2. Вибір методу синхронізації в часі генераторів псевдовипадкових послідовностей (ПВП), що використовуються на передавальній і приймальній сторонах.

В даний час застосовуються стежачі пристрої синхронізації генераторів ПВП на основі часового дискримінатора [2]. Недоліки схеми з дискримінатором наступні:

1. Складність реалізації.

2. Великий час входження в синхронізм.

3. Помітність абонентом тривалих моментів зриву синхронізму у вигляді порушень в мовному сигналі під час розмови (при використанні даного технічного рішення в мобільному зв'язку). Можливий альтернативний метод синхронізації, який забезпечує малий час входження в синхронізм та полягає у наступному:

1. При передачі на початку кожного блоку інформаційної послідовності (чіпа), розміщується спеціальний сигнал синхронізації («унікальне слово»);

2. На приймальній стороні синхросигнал виділяється узгодженим фільтром і запускає генератор псевдовипадкової послідовності приймача, забезпечуючи його синхронізацію в часі з передавачем.

Такий метод синхронізації гарантує малий час входження в синхронізм, зіставний з довжиною унікального слова. Реалізація такого методу часової синхронізації вимагає вирішення наступних завдань:

1. Вибір виду синхросигналу («унікального слова»), який повинен мати гарні автокореляційні властивості, що забезпечують високу імовірність його виявлення на тлі перешкод;

2. Синхросигнал повинен мати малий рівень взаємної кореляції з інформаційним змістом блоку повідомлення, що і визначає «унікальність» синхрослова і надійність синхронізації в реальних умовах.

Відомо, що послідовності Баркера («коди Баркера») мають гарні автокореляційні властивості і через це часто застосовуються в системах часової синхронізації. У 1953г. Р. Баркер [1] опублікував відомості про унікальні властивості послідовностей різнополярних символів. Коды Баркера володіють унікальною формою автокореляційної функції, що служить підставою для їх застосування в цифрових системах циклової (кадрової) синхронізації [2].

Аналіз показує, що перешкодостійкість системи циклової синхронізації визначається не тільки унікальними автокореляційними властивостями кодів Баркера, але і зростає із збільшенням повної енергії синхросигналов, тобто, фактично, із збільшенням довжини послідовності Баркера. Тому для побудови перешкодостійких систем синхронізації необхідно використовувати довші послідовності Баркера.

В даний час, відома обмежена кількість кодів Баркера вельми короткої довжини  $m \leq 13$ . Повідомляється не цілком точні відомості про спроби пошуку послідовностей довжиною до  $m=40$ , що володіють унікальними властивостями код Баркера [3].

Очевидна актуальність наступних завдань:

- пошук конструктивного способу побудови довгих синхрослів з хорошими автокореляційними властивостями, придатних для систем циклової синхронізації і позбавляючих від необхідності переборного пошуку;

- перевірка перешкодостійкості виявлених синхросигналів у випадковому потоці інформаційних символів.

У цій роботі пропонується розглянути другий варіант, тобто із використанням існуючих відомих послідовностей Баркера.

## Коди Баркера

Основні властивості відомих кодів Баркера, що іменуються далі канонічними, зводяться до наступного. Розглянемо послідовність кінцевої довжини  $c(i) = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_i, \dots, c_m)$ , у якій значення символів вибираються з алфавіту  $\{+1, -1\}$ , а  $m$  є довжина послідовності.

Аперіодична функція автокореляції (АКФ) такої послідовності визначається так:

$$R(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c(i)c(i+k) \quad (1)$$

Аналіз показує, що АКФ канонічних кодів дорівнює:

$$\begin{aligned} R(k) &= m \text{ при } k = 0 \\ R(k) &= 0 \text{ при } k > 1, (m - k) \text{ парне} \\ R(k) &= \pm(1/m) \text{ при } k > 1, (m - k) \text{ непарне} \end{aligned} \quad (2)$$

Відомі канонічні коди Баркера приведені в [1,2]. Вид сигналу Баркера довжини  $N=7$  та вид автокореляційної функції коду Баркера цієї ж довжини показано на рис. 1, 2 відповідно.

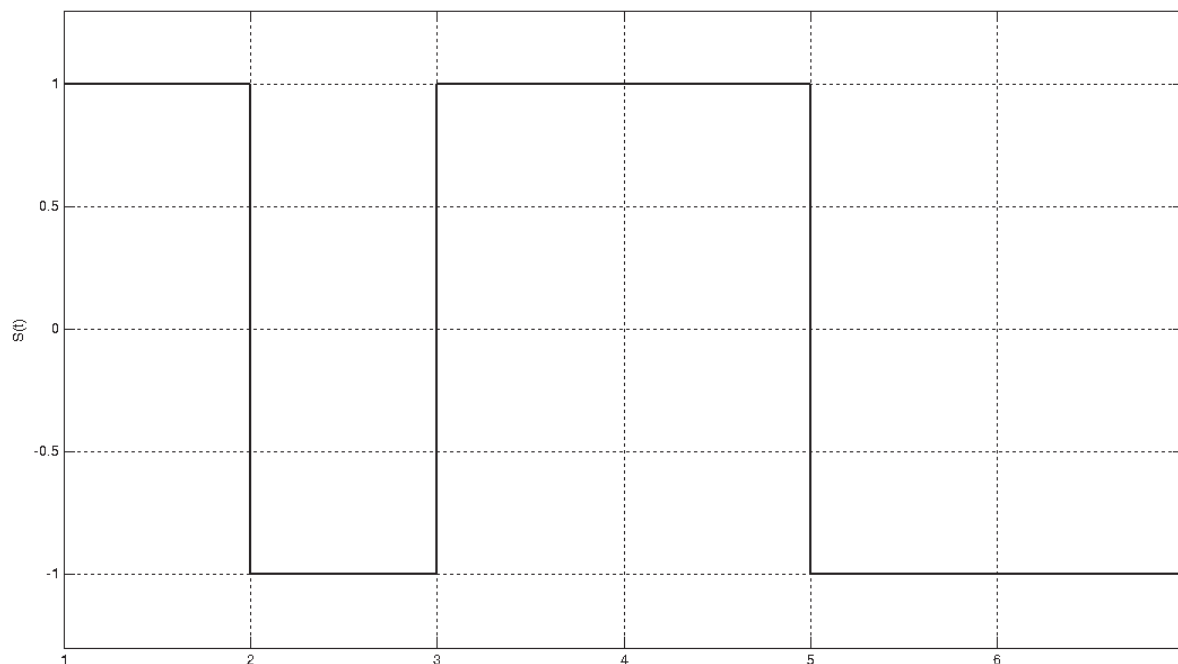
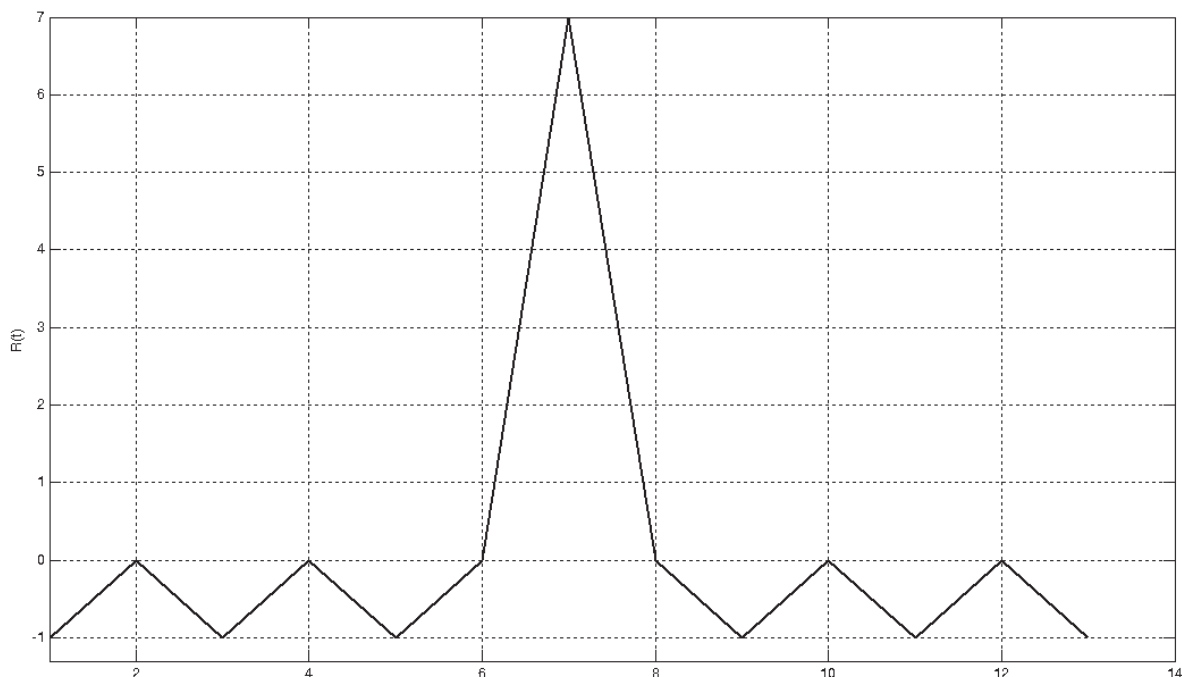


Рисунок 1 – Огинаюча канонічної послідовності Баркера довжини  $N=7$

Рисунок 2 – Автокореляційна функція коду Баркера довжини  $N=7$ .

### Використання кодів Баркера у пристрої синхронізації

Подальші дослідження проведемо для двох основних режимів роботи системи синхронізації: режиму «чистого» входження системи в синхронізацію за відсутності корисного повідомлення та режиму синхронізації на тлі суміші корисного повідомлення і шуму каналу.

Схема пристрою синхронізації приведена на рис 3.

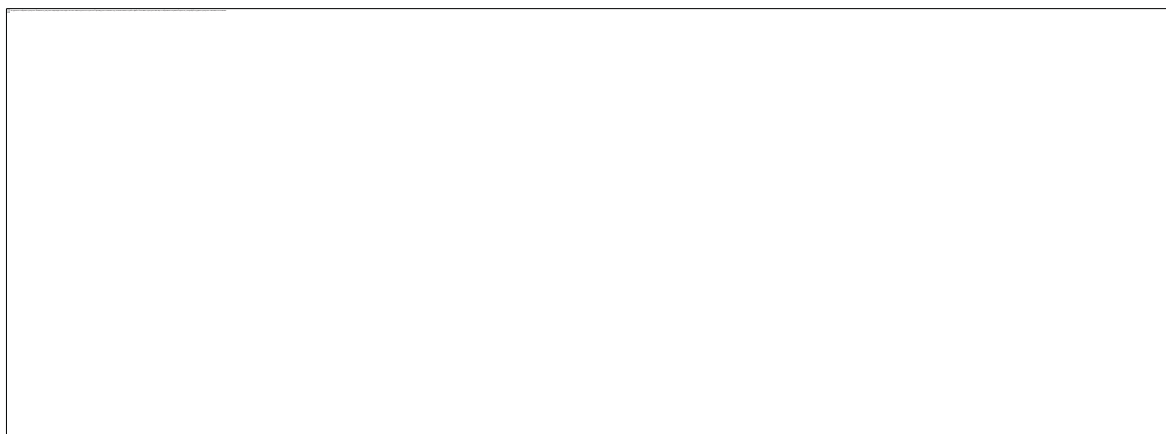


Рисунок 3 – Схема пристрою кадрової синхронізації

Передбачається, що на початку кожного пакету (кадру) даних передаватиметься спеціальний синхросигнал, який виділяється узгодженим фільтром. Синхронізуючі імпульси після порогового пристрою, з метою зниження вірогідності помилкового спрацьовування, поступають на багатовідводну лінію затримки. З відведень лінії за-

тримки сигнал поступає на багатовходову схему «І». Якщо хоч би на одному вході схеми «І» буде відсутній сигнал, то і на виході він також буде відсутній. Стабільний генератор виробляє послідовність коротких прямокутних імпульсів з частотою проходження кадрів. Під час надходження синхросигналу на вхід стабільного генератора синхроімпульсів відбувається прив'язка по фазі до вхідного сигналу.

### Поведінка АКФ коду Баркера під впливом похибок

Оскільки обчислення згортки відбувається після демодулятора, то й прояв помилок виявлятиметься у вигляді зміни значення окремих позицій сигналу на протилежні значення. Як модель каналу зв'язку приймемо двійковий симетричний канал, в якому переходи символу «-1» в символ «+1» і символу «+1» в символ «-1» рівно ймовірні.

Поведінка АКФ коду Баркера довжини  $N=7$  (C7 код) при дії одноразової помилки по черзі на всі елементи сигналу показана на рис .4.

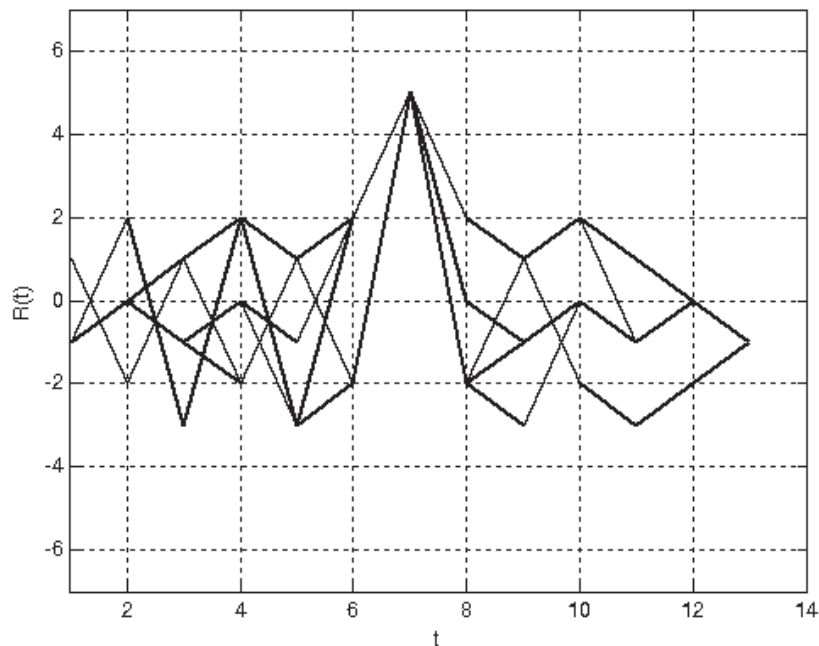


Рисунок 4 – АКФ коду Баркера довжини  $N=7$  за наявності одноразової помилки.

Для зручності уявлення безліч реалізацій кореляційної функції показана на одному рисунку в «накладеному» вигляді. Аналіз графіка показує, що при установці порогу у вирішуючому пристрої на рівні  $Z=5$  будь-яка одноразова помилка буде виправлена. Максимальна

бічна пелюстка АКФ зросла до значення  $|R_{\sigma_{\max}}|=3$ , головний пік при незмінному положенні в часі знизився до значення  $R_{0_{\max}}=5$ . Проведемо моделювання С7 коду при дії двократних помилок по черзі на всі елементи сигналу. Результат показаний на рис. 5.

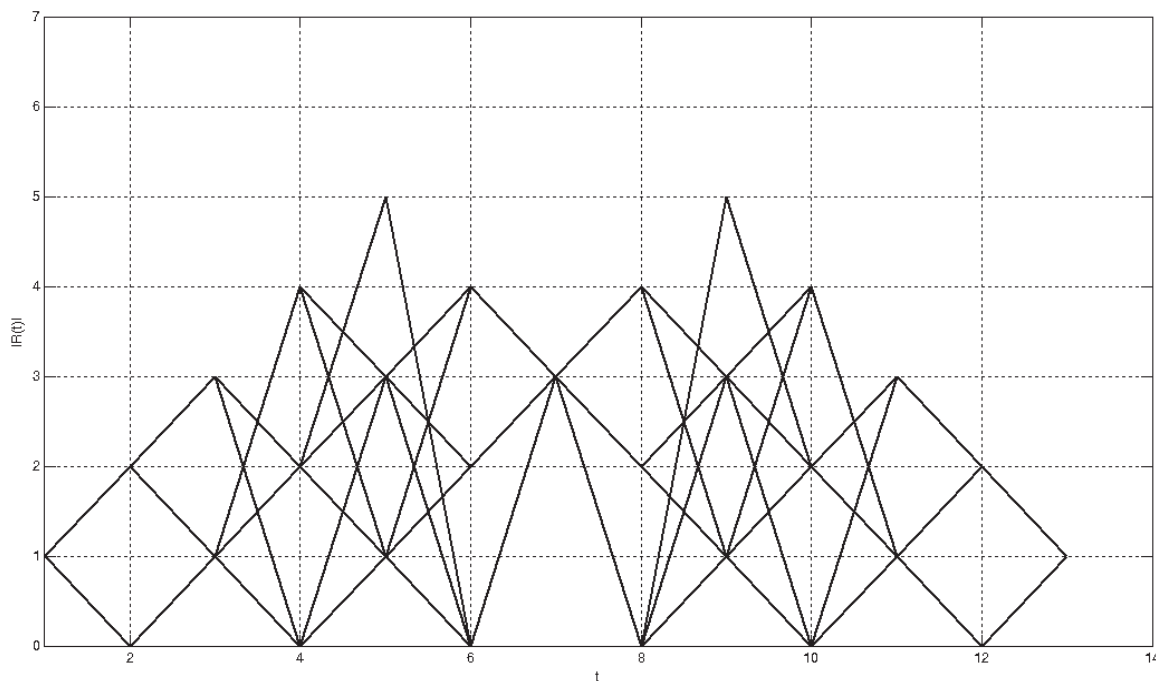


Рисунок 5 – АКФ коди Баркера довжини  $N=7$  за наявності двократної помилки.

На рисунку показаний модуль АКФ. Максимальна бічна пелюстка АКФ зросла до значення  $|R_{\sigma_{\max}}|=5$ , головний пік при незмінному положенні в часі знизився до значення  $R_{0_{\max}}=3$ . Таким чином, коректуюча здатність С7-кода Баркера складає  $r=1$ . Вплив на С7-код псевдовипадкової послідовності, яка імітує потік даних, показані на рис. 6.

Очевидно, що код Баркера малої довжини можна використовувати у пристроях синхронізації тільки при відсутності пакета даних. Метою подальших досліджень є дослідження відомих та пошук нових ПВП з кореляційними властивостями не гіршими за коди Баркера для пристроїв синхронізації.

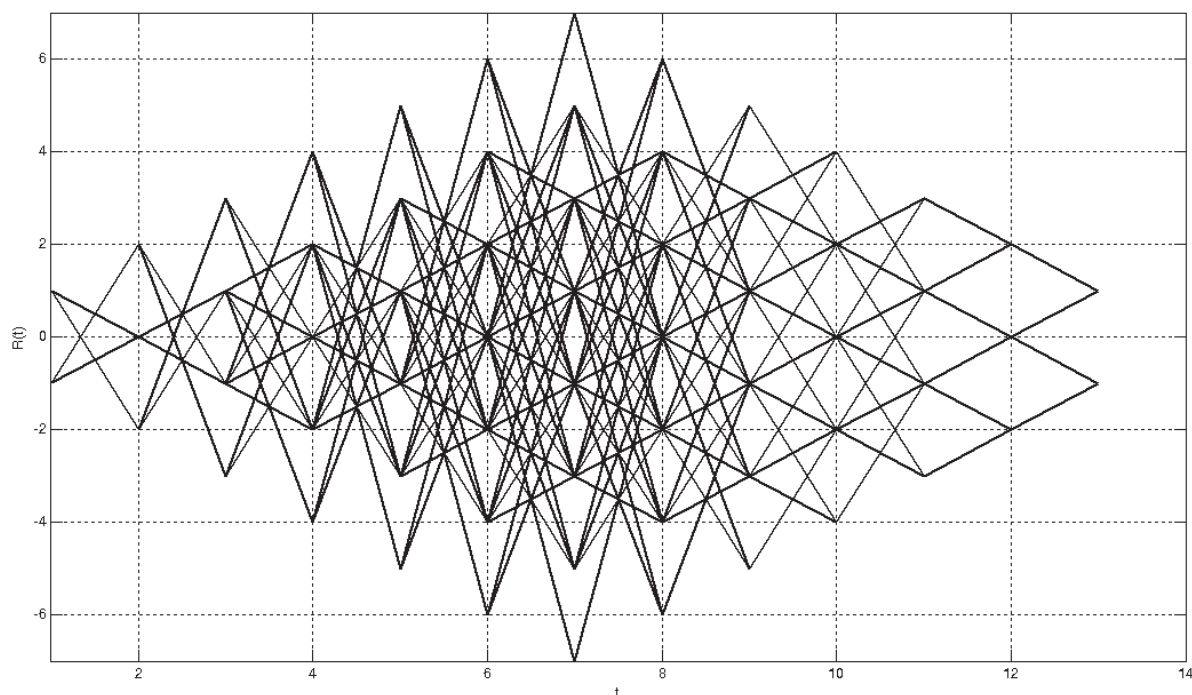


Рисунок 6 – Відгук на виході фільтру узгодженого з кодом Баркера довжини  $N=7$  при дії на вході ПВП. Число реалізацій ПВП,  $M=1000$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М: Радио и связь, 1985. — 384 с.
2. Банкет В.Л., Композитные коды Баркера (Зб. «Цифрові технології»)/ Банкет В.Л., Токарь М.С. // Режим доступу до журн.: <http://digitech.onat.edu.ua/welcome/art/28.html>
3. Barker, R. H. "Group Synchronizing of Binary Digital Sequences." In Communication Theory. London: Butterworth, pp. 273-287, 1953.

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

*R.A. Chizhenkova*

MATHEMATICAL ANALYSIS OF BIBLIOMETRICAL INDICES OF  
NEUROPHYSIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF ACTION OF  
MAGNETIC FIELDS (MEDLINE-INTERNET)..... 3

*С.Г. Антощук, Д.А. Маевский*

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ  
ГАРАНТОСПОСОБНЫХ УЧЕТНЫХ СИСТЕМ .....11

*С.А. Бабичев, Н.И. Бабенко, А.А. Дидык, В.И. Литвиненко,*

*А.А. Фефелов, С.В. Шкурдода*

ФИЛЬТРАЦИЯ ХРОМАТОГРАМ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ –  
АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЯ ЭНТРОПИИ.....17

*С.В. Вишемурська, Ф.Б. Рогальський*

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОЇ ПРОДУКЦІЇ У  
ВИРОБНИЦТВО .....33

*Н.А. Годовиченко*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ  
СОГЛАСОВАНИЯ СПЕЦИФИКАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К  
ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ .....45

*А.П.Гожий*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СООТНОШЕНИЙ В СППР  
ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ СЦЕНАРНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ..... 52

*І.М. Дронюк, М.А. Назаркевич, Ю.М. Пелех*

РОЗРОБКА ТА СТВОРЕННЯ МОДЕЛЕЙ ГРАВЮРИ НА ОСНОВІ  
ОСЬОВОЇ СИМЕТРІЇ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ .....60

*М.В. Заморёнов, В.Я. Копп, Д.В. Заморёнова*

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ С  
ОБЕСЦЕНИВАЮЩИМИ ОТКАЗАМИ .....67

*И.И. Коваленко, В.И. Передерий, А.В. Швед*

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМНЫХ ИНФОРМАЦИОН-  
НЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА  
СЦЕНАРИЕВ .....74

*М.В. Коваленко, Б.Ф. Трофімов*

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ  
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БАЗІ ОНТОЛОГІЙ .....89

*А.М. Ковальчук, М.Л. Навитка, Д.Д. Пелешко*

ВИКОРИСТАННЯ АФІННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В ШИФРУВАННІ І  
ДЕШИФРУВАННІ ДВОХ ЗОБРАЖЕНЬ .....97

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Н.В. Кондрашова, В.В. Томили</i><br>РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКОЙ<br>ФОРМОЙ КОАГУЛОПАТИИ И ТРОМБОЦИТОПАТИИ НА<br>ОСНОВЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК..... | 104 |
| <i>О.І. Лисенко, С.В. Валуйський</i><br>ПІДВИЩЕННЯ СТРУКТУРНОЇ НАДІЙНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ<br>ЕПІЗОДИЧНИХ МЕРЕЖ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ<br>ПОВІТРЯНИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ.....        | 115 |
| <i>Е.Н. Малышевская</i><br>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ<br>ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ ОРГАНА ПО<br>ИЗОБРАЖЕНИЯМ .....                                     | 131 |
| <i>К.И. Мотылев</i><br>ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ НА<br>ОБРАБОТКУ ИЗБЫТОЧНОЙ ТРАЕКТОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ....                                                         | 141 |
| <i>К.Ю. Новікова, О.І. Михальов</i><br>ПРОЕКТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ВПЛИВУ СКЛАДУ І<br>ЯКОСТІ ШИХТИ НА ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ АГЛОМЕРАЦІЇ .....                               | 148 |
| <i>В.В. Осипенко, В.Н. Штепа</i><br>АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА ЭКСПЕРТНОЙ МАТРИЦЫ<br>ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА<br>ОСНОВЕ ФАЗЗИЛОГИКИ.....                        | 154 |
| <i>О.О. Павлюк, П.І. Бідюк</i><br>МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧА МЕРЕЖІ<br>ІНТЕРНЕТ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЄРАРХІЧНОЇ БАЙЄСІВСЬКОЇ<br>МОДЕЛІ .....                              | 166 |
| <i>О.Я. Різник, Д.Ю. Скрибайло-Леськів, Х.Я. Заболотна, М.М. Красник</i><br>ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ШУМОПОДІБНИХ КОДІВ.....                                           | 188 |
| <i>В.В. Росинский</i><br>МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИНТЕГРАЦИИ В CRM СИСТЕМАХ .....                                                                                                | 197 |
| <i>Ю.М. Селін</i><br>ВИКОРИСТАННЯ ПРИХОВАНИХ МАРКОВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ В<br>ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ АНОМАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ<br>ЯВИЩ.....                                            | 210 |
| <i>І.Г. Цмоць, І.Є. Ваврук</i><br>ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ<br>ІШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ СИСТЕМ .....                                                          | 217 |
| <i>О.А. Шпинковський, М.І. Шпинковська, А.В. Садченко</i><br>УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДЛЯ<br>СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ .....                                | 227 |

**РЕФЕРАТИ**

УДК 577.359

Чиженкова Р.А. **Математичний аналіз бібліометричних показників для нейрофізіологічних досліджень СВЧ опроміненнь** (Medline-Internen) // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 3–11.

Представлені бібліометричні дані по дослідженнях, виконаних на нейрофізіологічних об'єктах (цілісний мозок, кора великих півкуль, нейрони, нерви) з використанням СВЧ-випромінювання. Розглянуті кількісні характеристики публікацій обраних напрямків за 35 річний інтервал часу (1966-2000). Проаналізована динаміка чисел статей вказаних типів. Зроблений висновок про перспективи досліджень дії неіонізуючих випромінень на нейрофізіологічних об'єктах.

Бібл. 10, табл. 7.

УДК 004.415.2.052.03

Антошук С.Г., Маєвський Д.А. **Адаптивне управління структурою гарантоздатних облікових систем** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2010. - С. 11-16.

Проаналізовані інформаційні управляючі структури облікових систем, з точки зору забезпечення їх гарантоздатності. Показано, що існуючі статичні структури не дозволяють створювати гарантоздатні системи із-за необхідності регулярного оновлення основних алгоритмів системи. Запропонована динамічна структура, що управляє, основною особливістю якої є зберігання початкових кодів алгоритмів в інформаційній базі системи. Проаналізована ефективність такого підходу і описана практична реалізація системи із запропонованою структурою.

Бібл. 5, іл. 2, табл. 1.

УДК 621.8

Бабічев С.А., Бабенко М.І., Дидик О.О., Литвиненко В.І., Фефелов О.О. **Фільтрація хроматограм за допомогою вейвлет-аналізу з використанням критерію ентропії** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.17-32.

У роботі представлені теоретичні розробки по використанню вейвлет-аналізу для виділення шумової складової хромато-масс-спектрометричного сигналу на етапі його попередньої обробки. Розроблена методика, що дозволяє оптимізувати завдання вибору параметрів вейвлет-перетворення при побудові цифрових фільтрів очищення сигналів від шуму. У якості основних критеріїв оцінки рівня шумової складової при виборі структури вейвлет-розкладання запропоновано використовувати критерії ентропії: "log energy" та "shannon". Результати, отримані в процесі проведення досліджень, дозволяють підвищити розв'язну здатність приладів при рішенні завдань класифікації й кластеризації об'єктів за рахунок зменшення розкиду параметрів, що характеризують заданий об'єкт.

Бібл. 22, іл. 10.

УДК 681.004.89:164.053

Вишемирська С.В., Рогальський Ф.Б. **Модель процесу впровадження нової продукції у виробництво** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.33-44.

Розглянуто побудову мережної моделі процесу впровадження у виробництво нової продукції підприємства харчової промисловості. Наведено математичну модель визначення оптимального складу комбінованих продуктів харчування. Розглянуто метод виробничої функції для аналізу діяльності підприємства.

Бібл. 12, іл. 2.

УДК 004.414.38

Годовиченко Н.А. **Використання онтологій при вирішенні проблеми узгодження специфікації вимог до програмного забезпечення інформаційних систем** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С. 45-51.

Розглянуто використання онтологічного апарату для узгодження специфікації вимог до програмного забезпечення інформаційних систем. Запропонована методика узгодження вимог на базі використання онтологій як моделі представлення вимог до програмного забезпечення.

Бібл. 4, іл. 1., табл. 3.

УДК 519.6

Гожий О.П. **Застосування методу аналізу співвідношень в СППР для оцінювання сценарних альтернатив** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (71). – Дніпропетровськ, 2010. – С. 52-59.

Розглянуто головні особливості методи аналізу співвідношень і його застосування для вирішення задач сценарного планування. Приведена структура програмного комплексу і особливості його реалізації.

Бібл. 7, іл. 4.

УДК 681.62:655

Дронюк І.М., Назаркевич М.А., Пелех Ю.М. **Розробка та створення моделей гравюри на основі осьової симетрії для поліграфічного захисту** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (71). – Дніпропетровськ, 2010. – С. 60-66.

Представлено моделі, які дозволяють будувати гравюри у векторному форматі. Розроблено методи побудови гравюр, які ґрунтуються на осьовій симетрії і призначені для поліграфічного захисту. На основі цих методів реалізовано спеціальне програмне забезпечення для побудови гравюр. Приведено приклади реалізації гравюр з осьовою симетрією на основі спіралі Архімеда.

Бібл. 5, іл. 8.

УДК 681.5.09

Заморьонов М.В., Копп В.Я., Заморьонова Д.В. **Імітаційна модель технологічної комірки зі знецінюючими відмовами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2010. - С. 67-73.

У даній статті розглядається імітаційна модель функціонування технологічної комірки (ТК) за умови, що у випадку відмови ТК обслуговування продукції переривається, а після відновлення її працездатності воно починається спочатку, тобто час, витрачений на обслуговування одиниці продукції до моменту відмови ТК, знецінюється. Також приводяться порівняльні результати аналітичного й імітаційного моделювання.

Бібл. 5, табл. 1.

УДК 519.7

Коваленко І.І., Передерій В.І., Швед А.В. **Концепція побудови системних інформаційних технологій підтримки експертного аналізу сценаріїв** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.74-88.

У статті викладені основні положення концепції побудови інформаційних технологій, в основі якої лежить системний підхід до використання інструментальних методів експертної побудови та аналізу сценаріїв.

Бібл. 9, іл. 6, табл. 1.

УДК 004.415.23

Коваленко М.В., Трофімов Б.Ф. **Методика автоматизованої верифікації архітектури програмного забезпечення на базі онтологій** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.89-96.

Розглянуто застосування онтологічного апарату для автоматизації процесу верифікації архітектури програмного забезпечення інформаційних систем. Запропоновано методику верифікації архітектури на основі використання онтології як моделі подання вимог до програмного забезпечення та її архітектури. Запропоновано онтологічну модель представлення архітектури.

Бібл. 7, іл. 3.

УДК 681.142.2; 622.02.658.284; 621. 325

Ковальчук А.М., Навитка М.Л., Пелешко Д.Д.. **Використання афінних перетворень в шифруванні і дешифруванні зображень** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.97-103.

Запропоновано використання бінарного афінного перетворення для одночасного шифрування-дешифрування двох зображень однакової розмірності, які мають чітко виділені внутрішні контури. Запропонований метод забезпечує повну зашумленість зображення і володіє дуже високою криптографічною стійкістю.

Бібл. 4, іл. 10.

УДК 621.513

Кондрашова Н.В., Томілін В.В. **Розв'язання задачі діагностики захворювань легкою формою коагулопатії та тромбоцитопатії на основі методів експертних оцінок** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.104-114.

У роботі розглянуто алгоритм попередньої діагностики на основі байєсівського підходу, методів експертних оцінок і парних порівнянь для отримання оперативної підказки про діагноз захворювань легкою формою коагулопатії і тромбоцитопатії (КіТ). Відмінною особливістю алгоритму є те, що геморагічні ознаки використовуються в якості експертів, «що голосують» за той чи інший діагноз відповідно до відносної частоти, з якою вони були виявлені у хворих легкою формою КіТ. Для статистичного обґрунтування переваги діагнозу застосовуються коефіцієнт конкордації Кендалла, критерій Пірсона, результат парного порівняння. Приклади використання отриманих таблиць демонструють результат діагностики.

Бібл. 3, іл. 1, табл. 7.

УДК 621.396.4

Лисенко О.І., Валуйський С.В. **Підвищення структурної надійності безпроводових епізодичних мереж шляхом застосування повітряних ретрансляторів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.115-130.

Розроблені показники для локальної оцінки структурної надійності безпроводових епізодичних мереж, які враховують одночасно як структурні, так і функціональні характеристики мережі, такі як: навантаження, створюване вузлами мережі, спосіб обробки заявок на вузлах мережі, обмежені пропускні спроможності каналів та ін. Також запропоновано інтегральний показник, який дозволяє оцінити надійність мережі в цілому. Розроблено чисельні алгоритми розміщення повітряних ретрансляторів для оптимізації показників локальної та глобальної оцінки структурної надійності мережі.

Бібл. 8, іл. 8, табл. 1.

УДК 004.79(075.8)

Малышевська К.М. **Порівняльний аналіз роботи нейронних мереж для оцінки стану тканин органу по зображенням** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.131-140.

В роботі представлено метод оцінки стану тканин на шийці матки по зображенням за допомогою нейронних мереж. Виконано дослідження ефективності різних класів нейронних мереж для поставленої задачі діагностики та визначено найбільш адекватний тип мереж.

Бібл. 8, іл. 6, табл. 2.

УДК 528.71

Мотильов К.І. **Вплив аномальних похибок вимірів на обробку надмірної траєкторної інформації** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.141-147.

В роботі проводяться дослідження стійкості розроблених раніше методів обробки надмірної траєкторної інформації до аномальних похибок вимірів у складі первинних параметрів.

Бібл. 12, іл. 3, табл. 4.

УДК 681.3.068

Новікова К.Ю., Михальов О.І. **Проектування нечіткої системи впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.148-153.

Вперше для побудови системи впливу складу і якості шихти на показники процесу агломерації застосовується нечіткий підхід, який імітує інженерну інтуїцію та дозволяє робити розрахунок прийнятності проектного рішення, аналізувати показники процесу агломерації.

Бібл. 7, іл. 3, табл. 1.

УДК 621.513

Осипенко В.В., Штепа В.Н. **Алгоритми синтезу експертної матриці інформаційно-аналітичних досліджень на основі фаззілогіки** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.154-165.

Запропоновано алгоритм заповнення комірок експертної матриці комплексних інформаційно-аналітичних досліджень, побудований на основі теорії нечітких множин. Як інструмент навчання фаззімоделі запропоновано використовувати нейронні мережі (ANFIS), при цьому було випробувано декілька відомих алгоритмів з метою вибору найбільш ефективного в даному додатку. Наведено приклад синтезу такої експертної системи.

Бібл. 9, іл. 4, табл. 1.

УДК 62-50

Павлюк О.О., Бідюк П.І. **Моделювання поведінки користувача мережі Інтернет за допомогою ієрархічної байєсівської моделі** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (71). – Дніпропетровськ, 2011. – С.166–187.

Розглянуто методику побудови ієрархічних байєсівських моделей за допомогою програмного середовища WinBugs на прикладі моделювання поведінки користувача мережі Інтернет.

Бібл. 6, іл. 11.

УДК 519.15:621

Різник О.Я., Скрибайло-Леськів Д.Ю., Заболотна Х.Я., Красник М.М. **Захист інформації на основі шумоподібних кодів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (71). – Дніпропетровськ, 2011. – С.188–196.

У даній роботі, з метою підвищення завадозахищеності сучасних інформаційних систем, розроблений регулярний і конструктивний метод синтезу шумоподібних кодів, що дозволило істотно підвищити параметричну скритність і захист інформації від несанкціонованого доступу.

Бібл. 3, іл. 1, табл. 2.

УДК 004-654

Росинський В.В. **Методи та засоби інтеграції в CRM системах** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.197–209.

Розглянуто особливості стратегії впровадження систем управління взаєминами із клієнтами (CRM– Customers Relationship Management). Виділено проблеми, що виникають в процесі інтеграції. Проведено огляд технологічних рішень, на базі яких здійснюються проекти інтеграції. Виділено інструменти й засоби розв'язання задач інтеграції. Продемонстровано концепцію відкритої CRM системи й описані її переваги в інтеграції інформаційних систем.

Бібл. 4, ілл. 2.

УДК (075.8)330.115

Селін Ю.М. **Використання прихованих марковських процесів в задачах прогнозування аномальних природних явищ** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.210–216.

Розглянуто використання прихованих марківських моделей для прогнозування аномальних природних явищ з метою з метою урахування наслідків їхніх дій при розрахунках показників екологічної складової сталого розвитку.

Зроблено висновок щодо необхідності врахування екзогенних процесів в розрахунок показників екологічної складової сталого розвитку. Запропоновано підхід до ситуаційного аналізу екологічних процесів, який ґрунтується на використанні прихованих марківських моделей. Наведено перелік задач, які необхідно розв'язувати при використанні прихованих марковських моделей для прогнозування аномальних природних явищ. Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість описувати як явно визначені процеси, так і приховані впливи, які, як правило, мають місце в екології.

Бібл. 3.

УДК 681.325

Цмоць І.Г., Ваврук І.Є. **Проблемно-орієнтований підхід до реалізації штучних нейронних систем** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.217–226.

Вибрано принципи побудови, запропоновано методику вибору елементної бази, зроблено структуру та проведено оцінювання основних параметрів комп'ютерних нейроорієнтованих систем.

Бібл. 9, іл. 1.

УДК 621.372.54

Шпинковський О.А., Шпинковська М.І., Садченко А.В. **Удосконалення процедури синхронізації для систем передачі сигналів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.227–233.

На основі властивостей псевдовипадкових послідовностей Баркера пропонується їх використання у пристроях кадрової синхронізації передачі повідомлень.

Бібл. 3, іл. 6.

УДК 577.359

Чиженкова Р.А. Математический **Анализ библиометрических показателей нейрофизиологических исследований СВЧ облучения (Medline-Internen)** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2010. - С. 3–11.

Представлены библиометрические данные по исследованиям, выполненным на нейрофизиологических объектах (целостный мозг, кора больших полушарий, нейроны, нервы) с применением СВЧ облучения. Рассмотрены количественные характеристики публикаций выбранных направлений за 35-летний интервал времени (1966-2000). Проанализирована динамика чисел статей указанных типов. Сделано заключение о перспективах исследований действия неионизирующих излучений на нейрофизиологических объектах.

Библ. 10, табл. 7.

УДК 004.415.2.052.03

Антошук С.Г., Маевский Д.А. **Адаптивное управление структурой гарантоспособных учетных систем** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (71). - Дніпропетровськ, 2010. - С. 11–16.

Проанализированы управляющие информационные структуры учетных систем с точки зрения обеспечения их гарантоспособности. Показано, что существующие статические структуры не позволяют создавать гарантоспособные системы из-за необходимости регулярного обновления основных алгоритмов системы. Предложена динамическая управляющая структура, основной особенностью которой является хранение исходных кодов алгоритмов в информационной базе системы. Проанализирована эффективность такого подхода и описана практическая реализация системы с предложенной структурой.

Библ. 5, ил. 2, табл. 1.

УДК 621.8

Бабичев С.А., Бабенко Н.И., Дидык А.А., Литвиненко В.И., Фефелов А.А. **Фильтрация хроматограмм с помощью вейвлет-анализа с использованием критерия энтропии** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010 с. – С.17-32.

В работе представлены теоретические разработки по использованию вейвлет-анализа для выделения шумовой составляющей хромато-масс-спектрометрического сигнала на этапе его предварительной обработки. Разработана методика, позволяющая оптимизировать задачу выбора параметров вейвлет-преобразования при построении цифровых фильтров очистки сигналов от шума. В качестве основных критериев оценки уровня шумовой составляющей при выборе структуры вейвлет-разложения предложено использовать критерии энтропии: "log energy" и "shannon". Результаты, полученные в процессе проведения исследований, позволяют повысить разрешающую способность приборов при решении задач классификации и кластеризации объектов за счет уменьшения разброса параметров, характеризующих заданный объект.

Библ. 22, ил. 10.

УДК 681.004.89:164.053

Вышемирская С.В., Рогальский Ф.Б. **Модель процесса внедрения новой продукции в производство** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.33-44.

Рассмотрено построение сетевой модели процесса внедрения в производства новой продукции предприятия пищевой промышленности. Представлена математическая модели определения оптимального состава комбинированных продуктов питания. Рассмотрен метод производственной функции для анализа деятельности предприятия.

Библ. 12, ил. 2.

УДК 004.414.38

Годовиченко Н.А. **Использование онтологий при решении проблемы согласования спецификации требований к программному обеспечению информационных систем** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.45-51.

Рассмотрено применение онтологического аппарата для согласования спецификации требований к программному обеспечению информационных систем. Предложена методика согласования на основе использования онтологии как модели представления требований к программному обеспечению.

Библ. 4, ил. 1., табл. 3.

УДК 519.6

Гожий А.П. **Применение метода анализа соотношений в СППР для оценки сценарных альтернатив** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.52-59.

Рассмотрены основные особенности метода анализа соотношений и применение его к решению задач сценарного планирования. Приведена структура программного комплекса и особенности его реализации.

Библ. 7, ил. 4.

УДК 681.62:655

Дронюк И.М., Назаркевич М.А., Пелех Ю.М. **Разработка и создание моделей гравюры с осевой симметрией для полиграфической защиты** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.60-66.

Представлены модели, с помощью которых можно строить гравюры в векторном формате. Разработаны методы построения гравюр, базирующиеся на осевой симметрии и предназначенные для полиграфической защиты. Используя эти методы, создано специальное программное обеспечение для построения гравюр. Приведены примеры реализации гравюр с осевой симметрией на основе спирали Архимеда.

Библ. 5, ил. 8.

УДК 681.5.09

Заморёнов М.В., Копп В.Я., Заморёнова Д.В. **Имитационная модель технологической ячейки с обесценивающими отказами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.67-73.

В данной статье рассматривается имитационная модель функционирования технологической ячейки (ТЯ) при условии, что в случае отказов ТЯ обслуживание продукции прерывается, а после восстановления ее работоспособности оно начинается сначала, т.е. время, затраченное на обслуживание единицы продукции до момента отказа ТЯ, обесценивается. Также приводятся сравнительные результаты аналитического и имитационного моделирования.

Библ. 5, табл. 1.

УДК 519.7

Коваленко И.И., Передерий В.И., Швед А.В. **Концепция построения системных информационных технологий поддержки экспертного анализа сценариев** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.74-88.

В статье изложены основные положения концепции построения информационных технологий, в основе которой лежит системный подход к применению инструментальных методов экспертного анализа и оценивания сценариев.

Библ. 9, ил. 6, табл. 1

УДК 004.415.23

Коваленко Н.В., Трофимов Б.Ф. **Методика автоматизированной верификации архитектуры программного обеспечения на базе онтологий** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.89-96.

Рассмотрено применение онтологического аппарата для автоматизации процесса верификации архитектуры программного обеспечения информационных систем. Предложена методика верификации архитектуры на основе использования онтологии как модели представления требований к программному обеспечению и его архитектуры. Предложена онтологическая модель представления архитектуры.

Библ. 7, илл. 3.

УДК 681.142.2; 622.02.658.284; 621. 325

Ковальчук А.М., Навитка М.Л., Пелешко Д.Д.. **Использование афинных преобразований в шифровании и дешифровании изображений** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.97-103.

Предложено использование бинарного аффинного преобразования для одновременного шифрования-дешифрования двух изображений одинаковой размерности, которые имеют четко выделенные внутренние контуры. Предложенный метод обеспечивает полную зашумленность изображения и обладает очень высокой криптографической стойкостью.

Библ. 4, ил. 10.

УДК 621.513

Кондрашова Н.В., Томилин В.В. **Решение задачи диагностики заболеваний легкой формой коагулопатии и тромбоцитопатии на основе методов экспертных оценок** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.104-114.

В работе рассмотрен алгоритм предварительной диагностики на основе Байесовского подхода, методов экспертных оценок и парных сравнений для получения оперативной подсказки о диагнозе заболеваний легкой формой коагулопатии и тромбоцитопатии (КиТ). Отличительной особенностью алгоритма является то, что геморрагические признаки используются в качестве экспертов, «голосующих» за тот или иной диагноз в соответствии с относительной частотой, с которой они были обнаружены у больных легкой формой КиТ. Для статистического обоснования предпочтительности диагноза используются коэффициент конкордации Кендалла, критерий Пирсона и результат парного сравнения. Примеры использования полученных таблиц демонстрируют результат диагностики.

Библ. 3, ил. 1, табл. 7

УДК 621.396.4

Лысенко А.И., Валуцкий С.В. **Повышение структурной надежности беспроводных эпизодических сетей путем применения воздушных ретрансляторов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.115-130.

Разработаны показатели для локальной оценки структурной надежности беспроводных эпизодических сетей, которые учитывают одновременно как структурные, так и функциональные характеристики сети, такие как: нагрузка, создаваемая узлами сети, способ обработки заявок на узлах сети, ограниченные пропускные способности каналов и т.п. Также предложен интегральный показатель, который позволяет оценивать надежность сети в целом. Разработаны численные алгоритмы размещения воздушных ретрансляторов для оптимизации показателей локальной и глобальной оценки структурной надежности сети.

Библ. 8, ил. 8, табл. 1.

УДК 004.79(075.8)

Малышевская К.Н. **Сравнительный анализ работы нейронных сетей для оценки состояния тканей органа по изображениям** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Випуск 6(71).– Днепропетровск, 2010. – С.131-140.

В работе представлен метод оценки состояния тканей на шейке матки по изображениям при помощи нейронных сетей. Выполнено исследование эффективности разных классов нейронных сетей для поставленной задачи диагностики и определен наиболее адекватный тип сетей.

Библ. 8, илл. 6, табл. 2.

УДК 528.71

Мотылев К.І. **Влияние аномальных погрешностей измерений на обработку чрезмерной траекторной информации** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.141-147.

В работе проводятся исследования стойкости разработанных ранее методов обработки чрезмерной траекторной информации к аномальным погрешностям измерений в составе первичных параметров.

Библ. 12, илл. 3, табл. 4.

УДК 681.3.068

Новикова К.Ю., Михалев О.І. **Проектирование нечеткой системы влияния состава и качества шихты на показатели процесса агломерации** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.148-153.

Впервые для построения системы влияния состава и качества шихты на показатели процесса агломерации используется нечеткий подход, который имитирует инженерную интуицию и позволяет производить расчет приемлемости проектного решения, анализировать показатели процесса агломерации.

Библ. 7, илл. 3, табл. 1.

УДК 621.513

Осипенко В.В., Штепа В.Н. **Алгоритмы синтеза экспертной матрицы информационно-аналитических исследований на основе фаззилогики** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 6(71).– Дніпропетровськ, 2010. – С.154-165.

Предложен алгоритм заполнения ячеек экспертной матрицы комплексных информационно-аналитических исследований, построенный на основе теории нечётких множеств. В качестве инструмента обучения фаззимодели предложено использовать нейронные сети (ANFIS) при этом было опробовано несколько известных алгоритмов с целью выбора наиболее эффективного в данном приложении. Приведен пример синтеза такой экспертной системы.

Библ. 9, илл. 4, табл. 1.

УДК 62-50

Павлюк О.О., Бидюк П.І. **Моделирование поведения пользователя сети Интернет с помощью иерархической байесовской модели** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2011. – С.166–187.

Рассмотрена методика построения иерархических байесовских моделей с помощью программной среды WinBugs на примере моделирования поведения пользователя сети Интернет.

Библ. 6, илл. 11.

УДК 519.15:621

Ризник О.Я., Скрибайло-Лескив Д.Ю., Заболотная Х.Я., Красник М.М. **Защита информации на основе шумоподобных кодов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.188–196.

В данной работе, с целью повышения помехозащищенности современных информационных систем, разработан регулярный и конструктивный метод синтеза шумоподобных кодов, что позволило существенно повысить параметрическую скрытность и защиту информации от несанкционированного доступа.

Библ. 3, илл. 1, табл. 2.

УДК 004-654

Росинский В.В. **Методы и средства интеграции в CRM системах** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.197–209.

Рассмотрены особенности стратегии внедрения систем управление взаимоотношениями с клиентами (CRM– Customers Relationship Management). Выделены проблемы возникающие в процессе интеграции. Проведен обзор технологических решений, на базе которых осуществляются проекты интеграции. Выделены инструменты и средства решения задач интеграции. Продемонстрирована концепция открытой CRM системы и описаны ее преимущества в интеграции информационных систем.

Библ. 4, илл. 2.

УДК (075.8)330.115

Селин Ю.М. **Использование скрытых марковских процессов в задачах прогнозирования аномальных природных явлений** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.210–216.

Рассмотрено использование скрытых марковских моделей для прогнозирования аномальных естественных явлений с целью учета последствий их действий при расчетах показателей экологической составной постоянного развития.

Сделан вывод относительно необходимости учета экзогенных процессов в расчете показателей экологической составной постоянного развития. Предложен подход к ситуационному анализу экологических процессов, который основывается на использовании скрытых марковских моделей. Приведен перечень задач, которые необходимо решать при использовании скрытых марковских моделей для прогнозирования аномальных естественных явлений. Преимуществом данного подхода является то, что он дает возможность описывать как явным образом определенные процессы, так и скрытые влияния, которые, как правило, имеют место в экологии.

Библ. 3.

УДК 681.325

Цмоць І.Г., Ваврук І.Є. **Проблемно-ориентированный подход к реализации искусственных нейронных систем** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.217–226.

Выбраны принципы построения, предложена методика выбора элементной базы, разработана структура и проведена оценка основных параметров компьютерных нейро-ориентированных систем.

Библ. 9, илл. 1.

УДК 621.372.54

Шпинковский А.А., Шпинковская М.И., Садченко А.В. **Усовершенствование процедуры синхронизации для систем передачи сигналов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(71). - Дніпропетровськ, 2011. - С.227–233.

На основе свойств псевдослучайных последовательностей Баркера предлагается их использование в устройствах кадровой синхронизации передачи сообщений.

Библ. 3, ил. 6.

UDC 577.359

Chizhenkova R.A. **Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of microwave radiation (Medline-Internen)** // System technologies. – №6 (71). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 3–11.

Bibliometrical data on investigations carried out in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of microwaves are presented. Quantitative characteristics of publications of choose subdivisions during 35-year time interval (1966-2000) is considered. Dynamics of number of papers of these trends is analyzed. Conclusion about prospects of investigations of effects of non-ionizing radiation in neurophysiological objects is done.

Bibl. 10, ill. 7.

UDK 004.415.2.052.03

Antoschuk S. G., Maevsky D.A. **Adaptive structural control of dependability accounting systems** // System technologies. – №6 (71). – Dnepropetrovsk, 2010. – P. 11-16.

The control informative structures of the registration systems are analyzed from the point of view of providing of their dependability. It is shown that existent static structures do not allow to create the dependability systems from the necessity of the regular updating of basic algorithms of the system. A run-time control structure the basic feature of which is storage of initial kodes of algorithms in the informative base of the system is offered. Efficiency of such approach is analyzed and practical realization of the system is described with the offered structure.

Bibl. 15, ill. 2, tables 1.

УДК 621.8

Babichev S., Babenko N., Didyk O., Lytvynenko V., Fefelov A. **Фильтрация хроматограмм с помощью вейвлет-анализа с использованием критерия энтропии** // System technologies. – № 6 (71). - Dnepropetrovsk, 2010. – P. 17-32.

Chromatogram filtering using wavelet analysis with use of the criterion of entropy / / System technologies. № 6 (52). - Dnepropetrovsk, 2010 p. The paper presents the theoretical development on the use of wavelet analysis to isolate the noise component of gas chromatography-mass spectrometric signal at the stage of preliminary processing. The method to optimize the task of selecting the parameters of the wavelet transform to construct digital filters clean signals from noise. The main criteria for assessing the level of the noise component in choosing the structure of the wavelet decomposition is proposed to use the criteria of entropy: "log energy" and "Shannon." The results obtained in the course of research, can improve the resolution of the instrument for solving problems of classification and clustering of objects by reducing the spread of the parameters characterizing a given object.

Bibl. 22, ill. 10.

UDC 681.004.89:164.053

Vyshemirskaya S. V., Rogalsky F. B. **Model of process of introduction of new products in a production** // System technologies. – № 6 (71). - Dnepropetrovsk, 2010. – P. 33-44.

The construction network model of process applying in industry the new products enterprise of food industry is considered. The mathematical model the determination optimum composition of the combined food stuffs is presented. The method of production function for the analysis activity of enterprise is considered.

Bibl. 12, ill. 2.

UDC 004.414.38

Godovitchenko N.A. **Using ontologies for solving the problem of requirements matching of information systems software environment** // System technologies. N 6(71) - Dnepropetrovsk, 2010. - P.45-51.

The article discusses the use of ontological method to match the specification of software requirements of information systems. Were proposed a technique for requirements matching based on the use of ontology as a model of software requirements representation.

Bibl. 4, ill. 1, tables 3.

UDC 519.6

Gozhiy A.P. **Application of method of analysis of correlations in SPPR for the estimation of scenario alternatives** // System technologies. N 6(71) - Dnepropetrovsk, 2010. - P.52-59.

The basic features of method of analysis of correlations and application of him are considered to the decision of tasks of the scenario planning. The structure of programmatic complex and feature of his realization is resulted.

Bibl. 7, ill. 4.

UDC 681.62:655

Droniuk I.M., Nazarkevych M.A., Pelekh Y.M. **Engraving models development and creation on the basis of axial symmetry for polygraphy defence** // System technologies. N 6(71) - Dnepropetrovsk, 2010. - P.60-66.

Models for engraving construction in a vector format are represented. The engraving construction methods are developed on axial symmetry and intended for polygraphy defence. On the basis of these methods the special software is realized for construction of engravings. Examples for realization of engravings are resulted with axial symmetry on the basis of Archimedes spiral.

Bibl. 5, ill. 8.

UDC 681.5.09

Zamoryonov M.V., Kopp V.Ya., Zamoryonova D.V. **The simulation model of technological cell with depreciatory refuses** // System technologies. N 6(71) - Dnepropetrovsk, 2010. - P.67-73.

In this article is examined simulation model of technological cell (TC) functioning on condition that in the case of TC refuse maintenance of products is interrupted, and after renewal of its capacity it begins at first, I.e. time, expended on maintenance of products to the moment of refuse of TC, depreciates.

Bibl. 5, tabl. 1.

UDC 519.7

Kovalenko I.I., Perederiy V.I., Shved A.V. **The concept of construction system information technologies support of expert analysis of scenarios** // System technologies. N 6(71) - Dnepropetrovsk, 2010. - P.74-88.

Basic concepts of construction information technologies, which is based on a system approach to the use of instrumental methods of expert construction and analysis of scenarios are considered in this article.

Bibl. 9, ill. 6, tables 1.

UDC 004.415.23

Kovalenko M.V., Trofimov B.F. **An ontology based methodology for automating the verification process of information systems software architecture** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.89-96

The ontology based information systems software architecture verification process automation was discussed. The methodology for automating the verification process of information systems software architecture using ontologies as a model for the representation of software requirements and architectures was proposed. The ontological model for software architecture representation was developed.

Bibl. 7, ill. 3.

UDC 681.142.2; 622.02.658.284; 621. 325

Kovalchuk A.M., Navytka M.L. Peleshko D.D. **Using affine transformations in the encryption and decryption of images** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.97-103.

The use of binary affine transformation for simultaneous encryption-decryption of two images the same dimension that are clearly marked internal contours. The method provides a complete image noise and has a very high cryptographic security.

Bibl. 4, ill. 10.

УДК 621.513

Kondrashova N.V., Tomilin V.V. **Decision the task of diagnostics of diseases by the easy form of coagulopathy and thrombocytopathies on the basis methods of expert estimations** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.104-114.

The paper deals with preliminary diagnosis algorithm based on Bayesian approach, methods of expert estimates and pair comparisons to obtain real-time help about diseases diagnosis of mild coagulopathy and thrombocytopathies (C&T). Distinctive feature of the algorithm is that hemorrhagic symptoms founded in the mild C&T patients are used as experts, "voting" for particular diagnosis in accordance to relative frequency. Kendall's concordance coefficient, Pearson's criterion and result of pair comparisons are used for statistical justification of diagnosis preference. Examples of using of obtained tables show diagnosis result.

Bibl. 3, ill. 1, tables 7.

UDC 621.396.4

Lysenko O.I., Valuiskiy S.V. **Increase of the structural reliability of wireless ad hoc networks using aerial repeaters** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.115-130.

Developed indices to assess the local structural reliability of wireless ad hoc networks, considering both a structural and functional characteristics of networks such as: load created by network nodes, the handling of applications for network nodes, limited bandwidth and so on. Also offered integral index, which allows to evaluate the reliability of the whole network. Developed numerical algorithms of air repeater placement to optimize the indices of local and global assessment of structural reliability.

Ref. 8, fig. 8, tabl. 1.

UDC 004.79(075.8)

Malyshevskaya K.N. **Comparing the work of neural networks for condition estimation of organ's tissues from images** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.131-140.

The method of tissue condition estimation from images using neural networks is presented. The research was conducted to study the effectiveness of different neural network classes for solving the diagnostic problem and the most appropriate neural network type was determined.

Bibl. 8, ill. 6, tabl. 2.

UDC 528.71

Motylov K. I. **Influence of the abnormal measurements' errors on the redundant trajectory information processing** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.141-147.

Research of methods for redundant trajectory information processing with the presence of abnormal measurements' errors are made up.

Bibl. 12., ill. 3, tabl. 4.

UDC 681.3.068

Novikova K.U., Mikhalev A.I. **Designing of fuzzy systems concerning composition and quality characteristics of the process furnace charge to agglomeration** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.148-153.

First to build the system influence the composition and quality of performance of batch agglomeration process applies fuzzy approach that mimics the engineering intuition and allows calculation of acceptability of design solutions, analyze the process of agglomeration.

Bibl. 7, ill. 3, tabl. 1.

UDC 621.513

Osipenko V.V., Shtepa V.N. **Algorithm for filling the expert matrix cells of integrated information-analytical researches based on the fuzzy sets theory** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.154-165.

An algorithm for filling the expert matrix cells of integrated information-analytical researches based on the fuzzy sets theory is offered. As a tool for learning fuzzy model in paper proposed to use the neural network techniques (ANFIS). A few well-known algorithms were here tested with the purpose of choice most effective in this application. An example on synthesis of such consulting model is described.

Bibl. 9, ill. 4, tabl. 1.

UDC 62-50

Pavliuk A.A., Bidyuk P.I. **Modeling the behavior of Internet users using a hierarchical Bayesian model** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.166-187.

The method of constructing hierarchical Bayesian models using the software environment WinBugs the example of modeling the behavior of Internet users.

Bibl. 6, ill. 11.

UDC 519.15:621

Riznyk O.J., Skrybajlo-Leskiv D.Y., Zabolotna H.Y., Krasnyk M.M. **A priv is on the basis of noise codes** // System technologies. N 6(71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P.188-196.

In hired, with the purpose of increase of noise immunity of the modern informative systems, the regular and structural method of synthesis of noise codes is worked out, that allowed substantially to promote self-reactance secrecy and priv from an unauthorized division.

Bibl. 3, ill. 1, tabl. 2.

UDC 004-654

Rosinskiy V.V. **Methods and tools for integration into CRM systems** // System technologies. N 6 (71) - Dnipropetrovsk, 2010.- P. 197-209.

The features of an implementation strategy for systems management mootnosheniyami interaction with customers (CRM– Customers Relationship Management)). Highlighted the problems encountered in the integration process. About the behavior of a review of technological solutions, based on which are carried out projects integration. Identified tools and solutions of problems of integration. Demonstrated the concept of open-CRM system and describes its advantages in the integration of information systems.

Bibl. 4, ill. 2.

UDC (075.8)330.115

Selin Y.M. **Using Hidden Markov processes in problems of forecasting of anomalous natural phenomena** // System technologies. N 6(71) – Dnipropetrovsk, 2010.- P.210-216.

The use of hidden Markov models for predicting abnormal natural phenomena with a view to considering the consequences of their actions when calculating the environmental component of sustainable development.

The conclusion on the need for incorporation of exogenous processes in the calculation of the environmental component of sustainable development. The approach to the situation analysis of environmental processes, which uses hidden Markov models. The list of problems to be solved by using hidden Markov models for predicting abnormal natural phenomena. The advantage of this approach is that it enables to describe as clearly defined processes and hidden influences that tend to occur in the environment.

Bibl. 3.

УДК 681.325

Цмоць І.Г., Ваврук І.Є. **Problem-oriented going near realization of the artificial neuron systems** // System technologies. N 6(71) – Dnipropetrovsk, 2010.- P.217-226.

In the article principles of construction are chosen, methodology of choice element base is offered, a structure is made and the evaluation of basic parameters of the computer neuraloriented systems is conducted.

Bibl. 9, ill. 1.

UDC 621.372.54

Shpinkovsky O.A., Shpinkovskaya M.I., Sadchenko A.V. **Improvement of procedure of synchronization for the systems of transmission of signals** // System technologies. N 6(71) – Dnipropetrovsk, 2010.- P.227-233.

On the basis of properties of pseudorandom sequences of Barkera their use is offered in phasers passing of messages.

Bibl. 3, ill. 6.

## Сведения об авторах

**Антошук Светлана Григорьевна** – доктор технических наук, профессор, директор института компьютерных систем, Одесский национальный политехнический университет

**Бабенко Николай Иванович** – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры общей и прикладной физики Херсонского национального технического университета

**Бабичев Сергей Анатольевич** – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики, Естественный факультет, Университет Яна Евангелиста Пуркине в Усти над Лабем

**Бідюк Петро Іванович** – доктор технічних наук, професор Інституту прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ»

**Ваврук Ірина Євгенівна** – аспірант Національного університету «Львівська політехніка»

**Валуйський Станіслав Вікторович** – асистент кафедри телекомунікацій, Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

**Вышемирская Светлана Викторовна** – аспирант кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

**Годовиченко Николай Анатольевич** – магистр, Одесский национальный политехнический университет

**Гожий Александр Петрович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Информационных технологий и программных систем, декан факультета компьютерных наук Черноморского государственного университета им. П.Могила.

**Дидык Алексей Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

**Дронюк Іванна Мирославівна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри АСУ, Національний університет «Львівська політехніка»

**Заболотна Христина Ярославівна** – студент кафедри АСУ, 4 курс, Національний університет «Львівська політехніка»

**Заморёнов Михаил Вадимович** – ассистент кафедры кибернетики и вычислительной техники Севастопольского национального технического университета

**Заморёнова Дарья Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных приборных систем Севастопольского национального технического университета

**Коваленко Игорь Иванович** – доктор технических наук, профессор, Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского

**Коваленко Микита Владиславович** – студент кафедры інформаційних систем, ОНПУ

**Ковальчук Анатолий Михайлович** – старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, Національний університет «Львівська політехніка»

**Кондрашова Нина Владимировна** – старший научный сотрудник; кандидат технических наук; отдел информационных технологий и индуктивного моделирования; МНУЦ ИТС НАН и МОН Украины

**Копп Вадим Яковлевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизированных приборных систем Севастопольского национального технического университета

**Красник Марко Михайлович** – студент кафедри АСУ, 4 курс, Національний університет «Львівська політехніка»

**Лисенко Олександр Іванович** – доктор технічних наук, професор кафедри телекомунікацій, Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

**Литвиненко Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

**Маевский Дмитрий Андреевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ТООЭ, Одесский национальный политехнический университет

**Малышевская Катерина Николаевна** – аспирант НТУУ «КПИ»

**Михальов Олександр Ілліч** – д.т.н., проф., завідувач кафедрою інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

**Мотылев Константин Игоревич** – ассистент кафедры радиотехники и защиты информации Донецкого национального технического университета

**Навытка Мария Любомировна** – ассистент кафедры информационных систем и технологий, Національний університет “Львівська політехніка”

**Назаркевич Марія Андріївна** – кандидат технических наук, доцент кафедры АСУ, Національний університет “Львівська політехніка”

**Новикова Екатерина Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных технологий и систем, Национальная металлургическая академия Украины.

**Павлюк Ольга Олексіївна** – аспірантка Інституту прикладного системного аналізу НУТУ “КПІ”

**Пелех Юрій Миронович** – студент кафедри АСУ, 4 курс, Національний університет “Львівська політехніка”

**Пелешко Дмитрий Дмитриевич** – доктор технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления, Національний університет “Львівська політехніка”

**Передерий Виктор Иванович** – кандидат технических наук, доцент, Национальный университет кораблестроения им. адм. С.О. Макарова.

**Різник Олег Яремович** – кандидат технических наук, доцент кафедры АСУ, Національний університет “Львівська політехніка”

**Рогальский Франц Борисович** – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

**Росинський В.В.** – младший научный сотрудник, Институт кибернетики

**Садченко Андрей Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических систем ОНПУ

**Селін Юрій Миколайович** – кандидат технических наук, старший научный співробітник Навчально-научового комплексу „Інститут прикладного системного аналізу”, м.Київ

**Скрибайло-Леськів Даниель Юрійович** – ассистент кафедры АСУ, Національний університет “Львівська політехніка”

**Томилин Владимир Владимирович** – старший научный сотрудник; кандидат медицинских наук, отделение хирургической гематологии и гемостазиологии; ДУ Институт гематологии и трансфузиологии АМН Украины

**Трофімов Борис Федорович** – кандидат технических наук, старший викладач кафедри інформаційних систем, ОНПУ

**Фефелов Андрей Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры дизайну Херсонського національного технического университета

**Цмоць Иван Григорьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры АСУ Национального университета “Львовская политехника”

**Чиженкова Рогнеда Александровна** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Института биофизики клетки РАН

**Швед Алена Владимировна** – магистр, преподаватель, Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского

**Шкурдота Сергей Викторович** – начальник отдела специальных видов исследований научно-исследовательского экспертно-криминального центра МВД Украины в Черкасской области

**Шпинковская Мария Ивановна** – кандидат технических наук, ассистент кафедры высшей математики и компьютерного моделирования ОНПУ

**Шпинковский Александр Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных систем ОНПУ