

13. Gudmundsson J., Levkopoulos C. Close approximations of minimum rectangular coverings. In FST & TCS'96, volume 1180 of LNCS, 1996. – P. 135–146.
14. Kirkpatrick D.G. Efficient computation of continuous skeletons. In Proceedings of the 20th Annual IEEE Symposium on FOCS, 1979. – P. 18–27.
15. Fortune S. A sweepline algorithm for Voronoi diagrams. *Algorithmica*, 2 (1987). – P. 153–174.
16. Lee D.T. Medial axes transform of planar shape. *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell. PAMI-4* (1982). – P. 363–369.
17. Препарата, Ф. *Вычислительная геометрия: введение / Ф. Препарата, М. Шеймос.* – Москва: Мир, 1989.
18. Pavlidis, T. *Algorithms for Graphics and Image Processing.* Computer Science Press, Rockville, MD, 1982.
19. Техническое описание и инструкция по эксплуатации генератора изображений ЭМ-5109 // Минск: КБТЕМ-ОМО, 2001. – 323 с.

Материал поступил в редакцию 11.11.09

**VORONOV A.A. Algorithm for covering of IC layout patterns by rectangles based on Voronoi diagram**

Considered the problem of covering polygons by rectangles that take place in input data preparation for integrated circuit layout generators. Input data is sequence of rectangles. Basically this sequence determines the productivity of these integrated circuit layout generator and quality of output photomask. The rectangles must lie entirely within the polygon and it is preferable to cover the polygon with as few rectangles as possible. Presented simple heuristic algorithm, based on the Voronoi diagrams, that cover hole-free polygon with acute interior angles by rectangles.

УДК 681.327

**Ганченко В.В.**

**ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ**



Рис. 1. Примеры исходных аэрофотоснимков

**Введение.** Дистанционные методы мониторинга сельскохозяйственных полей дают возможность оперативно выявить участки полей, пораженные болезнью. Выявление заболевания на ранних стадиях развития значительно сокращают затраты труда и средств. Находят развития два основных подхода к решению задачи выявления пораженных участков – спектрометрический и оптический [1, 2]. Спектральный подход позволяет определять многие заболевания на ранних стадиях развития. Однако, несмотря на это оптические мето-

ды также существенно развиваются, так как их использование позволяет увеличить качество идентификации.

Объектом исследования являются цветные изображения сельскохозяйственных полей (рис. 1).

Цель работы состоит в разработке эффективного метода обработки полутонных и цветных изображений растительных покровов, полученных с помощью цифровой съемки высокого разрешения, а также их реализации в виде программных средств для систем ком-

*Ганченко В.В., младший научный сотрудник Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси. Беларусь, ОИПИ НАН Беларуси, г. Минск, ул. Сурганова 6.*

пьютерного зрения. Суть метода состоит в разработке и использовании фрактальных и текстурных характеристик с требуемыми свойствами для построения пространства признаков и выделения объектов на цветных изображениях сельскохозяйственных полей.

**Текстуры.** Неоднородность либо повторяемость мелких фрагментов называется текстурой цифрового изображения. Характерным признаком текстуры является однородность на уровне окрестностей или локальном уровне, т.е. на уровне групп смежных пикселей с различными значениями яркости [8].

Текстурные изображения принято делить на два класса: стохастические (или случайные) и периодические (или структурные) текстуры. На основании признаков базовых элементов они подразделяются на мелкозернистые, крупнозернистые, гладкие, гранулированные и холмистые.

На основании степени взаимодействия базовых элементов подразделяются на сильные (взаимодействие подчиняется некоторому правилу) и слабые (взаимодействие имеет случайный характер).

В результате анализа основных текстурных характеристик для использования выделены следующие: ASM (Angular Second-Moment feature) – мера однородности изображения; Contrast – мера количества локальных вариаций на изображении и Entropy – мера беспорядка в яркостях пикселей изображения [14].

Выбор указанных характеристик основан на результатах проведенного визуального экспертного анализа и опирается на наличие видимых различий между большими и здоровыми участками полей. Пример результата вычисления этих текстурных характеристик приведен на рисунке 2.

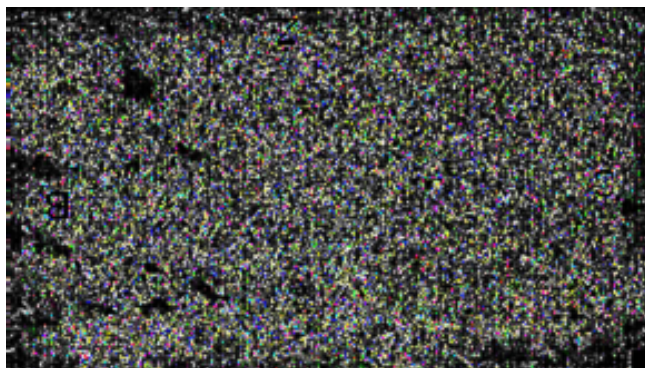


Рис. 2. Результат вычисления текстурных характеристик (в данном случае – ASM) для аэрофотоснимка поля, выполненного с высоты 50 метров

**Фракталы.** Суть вычисления фрактальной сигнатуры состоит в том, что квантованные значения интенсивности двумерного сигнала должны располагаться между двумя функциями, называемыми верхней и нижней поверхностями. Верхняя поверхность  $U$  содержит множество точек, значения которых всегда, по крайней мере, на один квант интенсивности превышают интенсивность входного сигнала. Нижняя поверхность  $L$  имеет значения точек, которые всегда ниже, по крайней мере, на один квант интенсивности входного изображения [14].

Сконструированное покрытие, образованное двумя указанными функциями, имеет толщину  $2\epsilon$ . Для двумерного сигнала площадь поверхности есть объем, занятый покрытием и деленный на величину  $2\epsilon$ . Площадь «поверхности» интенсивности  $A(\epsilon)$  в пределах окна наблюдения  $R$  рассчитывают вычитанием точки за точкой нижней «поверхности» из верхней с дальнейшим суммированием по всему окну:

Фрактальную размерность определяют по наклону  $\log A(\epsilon)$  как функцию  $\log \epsilon$ . Пример фрактальной сигнатуры изображен на рисунке 3.

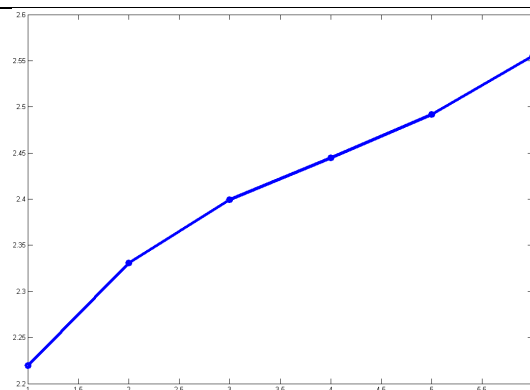


Рис. 3. Фрактальная сигнатура участка изображения

Фрактальная размерность  $D$  оценивается как взвешенная сумма локальных фрактальных размерностей.

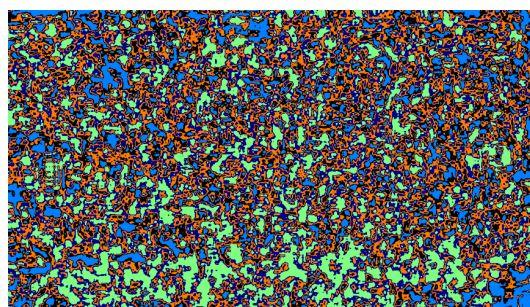


Рис. 4. Фрактальные сигнатуры различных областей изображения

Результаты работы алгоритма вычисления фрактальных сигнатур представлены на рисунке 4.

**Метод обработки.** Суть метода обработки состоит в совместной сегментации [4], используя их в качестве дополнительных информационных каналов, дополняющих имеющийся исходный снимок.

Вычисление фрактальных сигнатур и текстурных характеристик изображений осуществляется для отдельных каналов с последующим их объединением с использованием коэффициентов, значения которых зависят от типа и состояния растительности.

В качестве пространства признаков, на основании которых принимается решение, используются взвешенные матрицы цветовых характеристик исходного изображения [15], а также текстурные и фрактальные характеристики, вычисленные для каждого цветового канала исходного снимка.

Таким образом, предлагается следующий алгоритм обработки исходных изображений для составления карт особых областей (см. рис. 5):

- обработка исходных изображений для получения дополнительных информационных каналов, представляющих собой матрицы текстурных и фрактальных характеристик каждого цветового канала исходного изображения в отдельности;
- выполнение совместной сегментации полученных матриц текстурных и фрактальных характеристик и цветовых каналов исходных изображений;
- построение карты особых областей на основании поставленной задачи и результатов проведенной совместной сегментации.

Данный алгоритм предназначен для выполнения сегментации исходных двумерных данных, представляющих собой матрицы различных характеристик исходного изображения (в нашем случае в качестве этих признаков используются цветовые каналы, а также текстурные и фрактальные характеристики). Таким образом, работа алгоритма осуществляется в  $N$ -мерном пространстве признаков (где  $N$  – количество используемых характеристик), где каждая размерность может учитываться с некоторым весовым коэффициентом. Непосредственно сегментация осуществляется одним из распространенных алгоритмов сегментации (например,  $K$ -внутригрупповых средних или ISOMAD). Схема алгоритма представлена на рисунке 6.



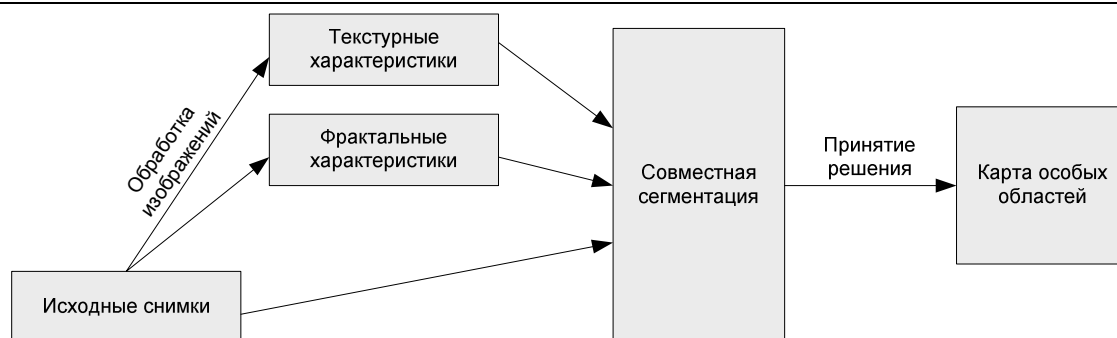


Рис. 5. Схема алгоритма обработки



Рис. 6. Схема алгоритма совместной сегментации ( $W_i$  – весовой коэффициент)

**Результаты экспериментов с алгоритмом сегментации.** Целью проведения экспериментов являлась проверка работоспособности разработанного алгоритма на имеющихся исходных данных, а также оценка погрешности его работы.

В качестве исходных данных для эксперимента использованы снимки участка картофельного поля, выполненные с разных высот с 2 по 6 июля 2007 года. На рисунке 1 приведены примеры исходных изображений, выполненных с высоты 100, 50, 15 и 5 метров.

Пример результата работы алгоритма приведен на рисунке 7 (исходный снимок, выполненный с высоты 15 метров, приведен на рисунке 1).

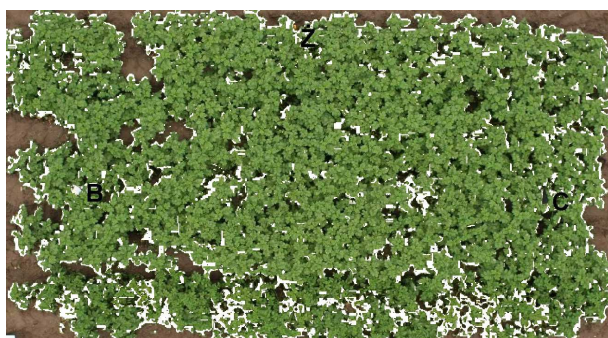


Рис. 7. Пример результата применения разработанного алгоритма

Полученный результат сегментации позволяет в автоматическом режиме выделить участки, на которых происходит развитие заболевания. Знание расположения таких участков позволит определить потребность тех или иных участков сельскохозяйственных полей в удобрениях и иных химикатах. А это позволит сделать сельскохозяйственные работы более эффективными и менее дорогостоящими.

При решении построения карт особых областей возможно появление на карте участков, ошибочно отнесенных к особым областям. Это связано в частности с размытием границ между частями исходного изображения (например, возникающий переход цвета на грани-

це изображений отдельных растений и почвы), которое может появляться, например, в результате JPEG-сжатия исходных данных.

**Таблица 1.** Оценки погрешностей для данных различного пространственного разрешения

Высота съемки, м	100	50	15	~5
№ эксперимента	Численное значение оценки погрешности, %			
1	44,7	6,6	24,8	2,2
2	4,6	26,6	4,6	3,9
3	31,9	5,4	2,7	5,1
...				
Среднее	21,2	10,2	9,5	3,4

Указанная погрешность оценивается как относительная площадь ошибочных участков, полученная на исходном изображении, не содержащем особых областей, и зависит от пространственного разрешения исходных данных (оценки для различного разрешения приведены в таблице 1, для каждого эксперимента используются различные изображения из исходного набора снимков).

**Практическая реализация.** На основе разработанного алгоритма была предложена система принятия решения для программно-аппаратного комплекса внесения минеральных удобрений и других химикатов на сельскохозяйственные поля.

Схема предложенного комплекса приведена на рисунке 8.

При работе по предложенной схеме внесение химикатов осуществляется следующим образом:

- 1) с использованием предложенного алгоритма вычисляются карты специальных областей (например, участки с развивающимся заболеванием растений);
- 2) построенные карты получают географическую привязку и сохраняются в базе ГИС для дальнейшего использования;
- 3) полученные карты используются при принятии решения о необходимости внесения того или иного количества удобрений на том либо ином участке сельхозугодий;

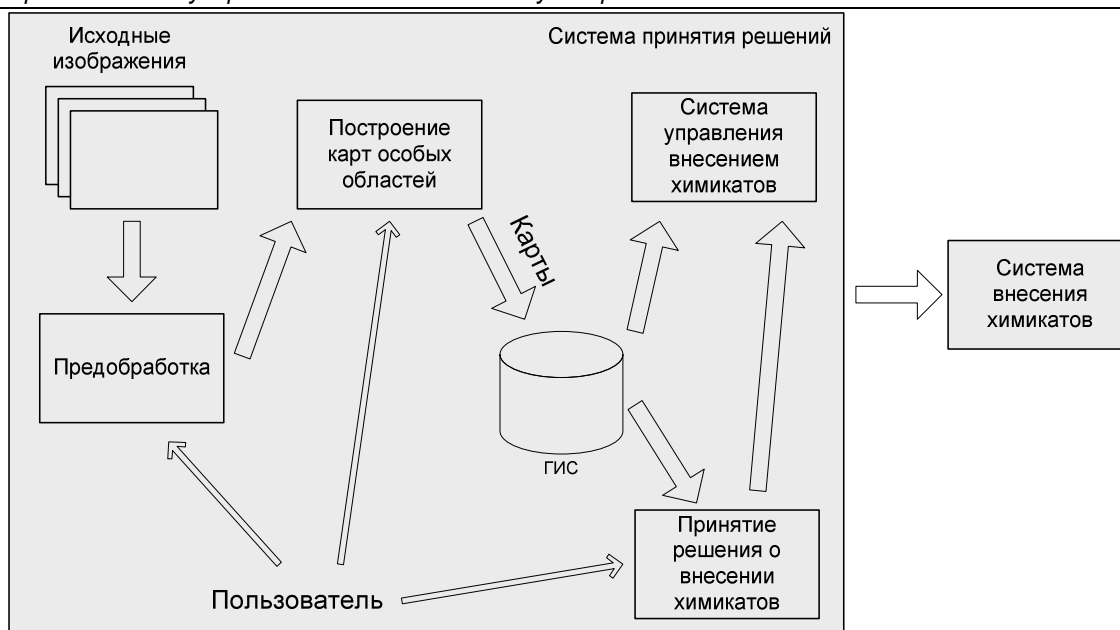


Рис. 8. Схема программно-аппаратного комплекса для внесения минеральных удобрений и других химикатов на сельскохозяйственные поля

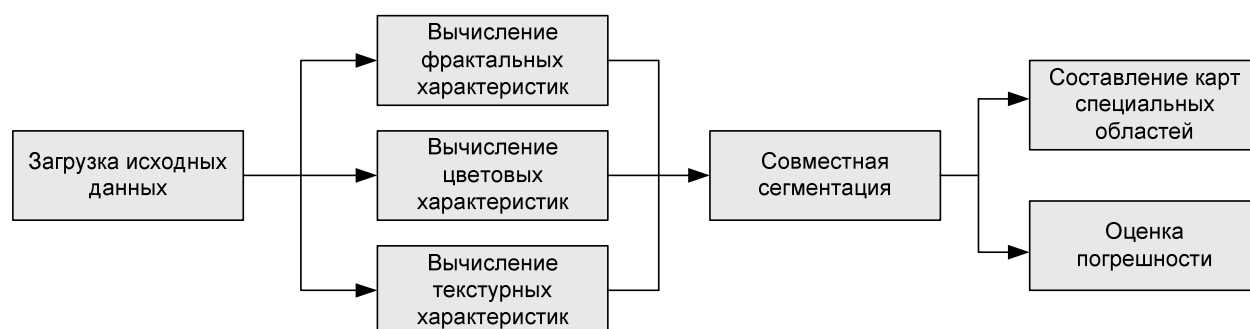


Рис. 9. Схема графа сценария системы

4) система управления внесением химикатов на основании имеющихся карт и данных, полученных в реальном времени, контролирует количество химикатов, вносимых в почву, и направляет соответствующую команду системе внесения химикатов.

В качестве данных, получаемых в реальном времени, могут использоваться:

- данные глобальной навигационной спутниковой системы. В этом случае система управления, определяя с помощью навигационной системы, на каком участке поля она находится, вычисляет необходимое количество химикатов, исходя из данных карты особых областей;

- данные от цветной камеры видимого диапазона. В этом случае система управления может в реальном времени корректировать данные карты особых областей, при этом принимая более точные решения, что увеличивает эффективность решения задачи.

Качественная сложность решения задач обработки аэрокосмических снимков сельскохозяйственных объектов определяется десятками гигабайт информации, передаваемых во время одного сеанса связи с ИСЗ или самолета. При этом требуется не только высокая суммарная производительность обрабатывающих процессоров, но и оперативная память, достаточная для одновременного хранения сотен и тысяч кадров. Даже самые быстродействующие современные ЭВМ последовательной архитектуры оказываются неспособными решать задачи такой сложности.

Использование дорогостоящих и малораспространенных спецпроцессоров обработки изображений ограничивает круг пользователей, поэтому широкое применение находят параллельные вычисления на кластерных конфигурациях вычислительных средств, создан-

ных на основе локальных сетей компьютеров либо на основе суперкомпьютерных систем.

Для решения задачи распараллеливания вычислений в системе используется понятие мультиагентных систем [9-13]. Построение распределенного приложения заключается в создании графа сценариев, описывающего логическую структуру программы, а затем в его отображении на архитектуру вычислительной системы. Архитектура представляет собой множество агентов, объединенных общими средствами обмена данными. Каждый агент является равноправным участником процесса обработки и способен выполнять любую операцию из множества отдельных операций обработки, применяемых для решения задач различных предметных областей.

Схема графа сценария мультиагентной системы для решения задачи параллельной обработки сельскохозяйственных аэрокосмических снимков приведена на рисунке 9.

**Заключение.** Полученные результаты по выделению фрактальных и текстурных признаков изображений сельскохозяйственных полей позволяют получить дополнительную информацию о состоянии растительного покрова. При этом результат в меньшей степени зависит от условий освещения и наличия в кадре посторонних предметов, чем при использовании только цветовых признаков. Однако использование только этих признаков не позволяет достаточно четко выделить пораженные заболеваниями участки. Для решения этой проблемы вводится алгоритм совместной сегментации, который для выделения особых областей использует также и цветовые характеристики изображений для получения более точного результата. На основании этого метода и строится программная система принятия решений о внесении минеральных удобрений и других химикатов на сельскохозяйственные поля.

Работа частично поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, грант Ф08М-097.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский – Минск: БГУ, 2006. – 455 с.
2. Chao, K., Y.R. Chen, and M. S. Kim. Machine vision technology for agricultural applications // Elsevier science transactions on computers and electronics in agriculture. – 2002. – Vol. 36. – P. 173–191.
3. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
4. Ganchenko, V. Joint segmentation of Aerial Photographs with the Various Resolution / V. Ganchenko, A. Petrovsky, B. Sobkowiak // Proc. of the 5th Int. Conf. on Neural Networks and Artificial Intelligence, ICNNAI 2008, May 27-30, 2008, Minsk, Belarus – Minsk, 2008. – P. 177–181.
5. Francis S.Hill. Computer Graphics. // Macmillan Publishing Company. – 1990.
6. Foley, van Dam, Feiner, Hughes. Computer Graphics: Principles and Practice. – Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
7. Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I. Textural Features for Image Classification // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1973. – No.6. – P. 610-621.
8. Старовойтов, В.В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений / В.В. Старовойтов. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1997. – 284 с.
9. Городецкий, В.И. Многоагентные системы (обзор) / В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В. Хабалов // Новости искусственно-го интеллекта. – 1997. – №1. – С. 64–117.
10. Jennings, N.R. A roadmap of agent research and development / N.R. Jennings, K. Sycara, M. Wooldridge. // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. – Kluwer, 1998. – P. 275–306.
11. Nwana, H.S. Software Agent Technologies / H.S. Nwana, M. Wooldridge // British Telecommunications Technology Journal. – 1996. – №. 14 (4). – P. 16–27.
12. Nwana, H.S. Software Agents: An Overview. / H.S. Nwana // The Knowledge Engineering Review. – 1996. – №11. – P. 205–244.
13. Otwagin, A.A. Multiagent System for Reliable and Efficient Parallel Computing / A. Otwagin // Neural Networks and Artificial Intelligence (ICNNAI-2008) // Proceedings of the Fifth International Conference (27-30 May, 2008, Minsk, Belarus). – Minsk: Propilei, 2008. – P. 46–50.
14. Doudkin A. Special areas detection using fractal and textural characteristics of high resolution images / A. Doudkin, V. Ganchenko, A. Petrovsky, B. Sobkowiak // Proceedings of the 9th International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2009), May, 19-21, Minsk, Belarus – Minsk: Publ/ center of BSU, 2009. – P. 137–139.
15. Doudkin A. Potato disease detection using color leaves characteristics / A. Doudkin, V. Ganchenko, A. Petrovsky, M. Vatkin // Proceedings of the 9th International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2007), May, 22–24, Minsk, Belarus – Minsk: UIIP of NASB, 2007. – Vol. 2. – P. 83–86.

Материал поступил в редакцию 15.09.09

#### GANCHENKO V.V. Program system of areas detection on high resolution aerospace images

Description of special areas detection program system in high spatial resolution images is represented in the paper and the result of the system work is illustrated on an example of agricultural fields images.

УДК 004.056.57:032.26

**Безобразов С.В., Головкин В.А.**

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ ИСКУССТВЕННАЯ ИММУННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ

**Введение.** Защита собственных информационных ресурсов становится одной из главных задач современного государства. Число компьютерных преступлений увеличивается ежегодно на 30–40 процентов [1]. С каждым годом киберпреступления охватывают все новые и новые сферы: разработка и внедрение вредоносных программ, кража конфиденциальной информации, взлом информационных ресурсов, организация сетевых атак и т.д. Наибольшую угрозу для информации несут вредоносные программы, разрабатываемые злоумышленниками с целью уничтожения или кражи информации. Их количество из года в год увеличивается, а ущерб, наносимый компьютерными вирусами, составляет, по некоторым подсчетам, миллиарды долларов в год [2].

На сегодняшний день никто не может быть полностью уверен в защите собственной компьютерной системы от вторжения вредоносных программ. Как показала практика, традиционный подход в области обнаружения вредоносных программ, основанный на сигнатурном анализе [3, 4], не приемлем для обнаружения неизвестных компьютерных вирусов. Для поддержания должного уровня защиты пользователи вынуждены постоянно и своевременно обновлять антивирусные базы. Однако задержка в ответной реакции со стороны антивирусных компаний на появление новой вредоносной программы (ее обнаружение и создание сигнатуры) может варьироваться от нескольких часов до нескольких суток. За это время вредоносные программы способны нанести непоправимый ущерб.

В свою очередь, эвристические алгоритмы [5, 6, 7], разработанные специально для обнаружения неизвестных вредоносных программ, характеризуются высоким уровнем возникновения ошибок первого и второго родов (ложные срабатывания).

Современные исследования в области защиты информации направлены на создание таких методов и алгоритмов защиты, которые были бы способны обнаруживать и нейтрализовывать неизвестные вредоносные программы, и таким образом не только повысить уровень компьютерной безопасности, но и избавить пользователя от постоянных обновлений антивирусного ПО или его модулей.

Предпосылкой для создания эффективных антивирусных систем является развитие искусственных иммунных систем [8, 9] и нейросетевых технологий [10, 11, 12], которые имеют биологические основы. Способность таких систем к обучению, обобщению результатов и самоорганизации позволяет создавать на их базе интеллектуальные системы защиты информации.

В данной статье предложены принципы построения нейросетевой искусственной иммунной системы для обнаружения вредоносных программ, позволяющей обнаруживать новые компьютерные вирусы. Такая система состоит из популяции нейросетевых иммунных детекторов, которые применяются для обнаружения вредоносных программ и нейросетевого классификатора, предназначенного для классификации обнаруженных вредоносных программ (рис. 1).

**Безобразов Сергей Валерьевич**, старший преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

**Головкин Владимир Адамович**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Физика, математика, информатика