

UDC 502:330.15

V. Makarenko<sup>1</sup>, G. Ruecker<sup>2</sup>, R. Sommer<sup>3</sup>,  
N. Djanibekov<sup>3</sup>, G. Strunz<sup>2</sup>, O. Kolodyazhnyy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Space Research Institute (SRI),

National Academy of Science of Ukraine (NASU) — National Space Agency of Ukraine (NSAU), Ukraine

<sup>2</sup>German Aerospace Centre (DLR), German Remote Sensing Data Center (DFD),

Oberpfaffenhofen, D-82234 Wessling, Germany

<sup>3</sup>Center for Development Research (ZEF),

University of Bonn, 53113 Bonn, Germany

## GIS-based genetic algorithm optimization tool for supporting land use and land management restructuring

*Представлено 25.06.07*

For assisting agricultural planners in generating optimized land use and management allocation maps, the “Genetic Algorithms for Land use and Land management OPTimization” (GALLOP) tool was developed. The tool integrates multiobjective genetic algorithms, a geographic information system (GIS) and a database management system within the ArcGIS framework. The tool was applied to a case-study farm in Khorezm, a region in the west part of Uzbekistan. The results show that the combined optimization of multiple objectives is as a win-win strategy that achieved the best compromise between ecological and economic objectives. The GALLOP tool represents an innovative, fast and spatial planning tool for solving complex resource management optimization problems.

### 1. INTRODUCTION

More and more agro-ecosystems in dry areas have developed towards a critical environmental state. Farmers have received lower yields because practiced land use is not adjusted to ecological site conditions. As a consequence farm profits are often low. Furthermore, focusing on economical or ecological aspects separately may lead to completely different and often non-sustainable farm management policies. In search of viable alternatives, we tackled the questions how selected land-use-system indicators perform if the system is spatially optimized towards ecological, economic or a combination of both objectives. Aiming towards optimizing a set of objectives at the same time, we selected the multiobjective genetic algorithm (MOGA) based on the concepts of Pareto optimality and niche-techniques as analytical part of a spatial decision support tool (Malczewski, 2004). While the numerical optimization models are used in the decision support tool for problem solving, the geo-infor-

mation component is used for spatial analysis and visualization of the spatial problem and solution domain, and both components may be integrated into a user interface to form a spatial decision system for supporting automated land use and land management planning.

The main goal of this paper is to present a spatial planning tool called “Genetic Algorithms for Land use and Land management OPTimization” (GALLOP) that allows one to optimize the spatial land use and land management allocation within a farm landscape based on meeting concurrently, economic and ecological objectives.

The specific research objectives were 1) to develop the system architecture of this tool with optimization routines for several single objectives and combinations of single objectives, 2) to program and design a user-friendly graphical interface that is flexible to read in data from different sources and allows users to select the land uses and land management combinations to be optimized, and 3) to demonstrate

the application of this tool to a case study farm landscape.

## 2. REVIEW ON SELECTED GENETIC ALGORITHM APPLICATIONS FOR SPATIAL RESOURCE USE OPTIMIZATION

Since the invention of the genetic algorithm (GA) by John Holland (1975) it has been applied to many optimization problems such as in planning of afforestations, urban areas and land use allocation. For example, Ducheyne (2001) worked on the GA in forest management optimization. He proposed to use the GA based on the following statements: (1) GAs can handle conflicting objectives and do not combine multiobjectives prior to the optimization process; (2) GAs allow easy integration between the optimization module and GIS functionality; (3) GAs generate multiple alternatives in a single optimization run due to their population-based approach. In urban planning, Feng and Lin (1999) applied a GA to design several alternative urban plans for the city of Tanhai in Taipei. They concluded that the plans optimized by GA were better than those previously designed by urban planning experts. Moreover, they now had a choice of alternative plans, whereas before only one plan was devised. In land use planning, multiobjective GAs have been used by Matthews (2001). He argued that multiobjective GAs applied to rural land planning have significant potential for assisting land managers in tackling complex resource allocation problems with conflicting and non-commensurable objectives.

## 3. METHODS

GAs are search methods that are based on natural biological evolution theory. They differ from the conventional optimization techniques as they involve a search from a population of solutions. First, a population of possible solutions is generated. An objective function is evaluated and all solutions in current population are ranked. Next, based on competitive selection strategy, poor solutions are eliminated and the better solutions are selected as parents and recombined with each other to form some new solutions by implementation of genetic operator such as crossover, mutation or inversion. Finally, the new solutions are used to replace the poorer of the original solutions, according to ranking, and the process is repeated, ameliorating the situation from iteration to iteration and approaching the optimal decision.

### 3.1. Geo-spatial chromosome representation

We used the principle of land-block representation, adopted from Matthews (2001), where each polygon

represents the boundary of the land parcel (field) to which a land use or management type is allocated. The part of the polygon data structure manipulated by the GA can be seen as non-spatial as each polygon is linked to a record in a relational database table with bio-physical and economic conditions on each land parcel. The integer representation is used for this problem. The fixed number of land parcels in a farm structure defines the length of the chromosome.

### 3.2. Genetic algorithms

The single objective algorithm (SOGA) is based on the classical approach offered by Goldberg (1989). The algorithm was adopted to allow an elitism strategy and used N-point crossover, depending on chromosome length. For bi-objective algorithms, the rank-based fitness assessment approach offered by Fonseca and Fleming (1995) was adopted. This approach was selected because it had a fast performance and was successfully applied in similar tasks, namely in land use (Matthews, 2001) and forest planning (Ducheyne, 2001). Table 1 shows the parameters and corresponding values used in the simulations.

## 4. RESULTS

### 4.1. The system architecture of the GALLOP tool

The developed GALLOP tool is based on the following components: spatial optimization routines by genetic algorithms, a geographic information system (GIS), data base management system and graphical user interface within the ESRI ArcGIS 9.2 environment. Visual Basic for Application (VBA) was integrated with ArcObjects development platform for elaborating a user friendly graphical interface and integrating the tool components. The ActiveX Data Objects (ADO) and Open Data Base Connectivity (ODBC) interfaces were used for accessing the MS Access and GIS data bases (Fig. 1).

Table 1. Optimization parameters for developed genetic single- and multiobjective algorithms

Parameters	Value
Selection strategy (optional)	Tournament selection
Probability of mutation	0.01
Probability of crossover	0.80
Elitism	One best chromosome is copied
Stop criteria	Number of iterations, goal function value
Population size	20 – fixed
Number of generation	~3000
Length of chromosome	227 – number of fields

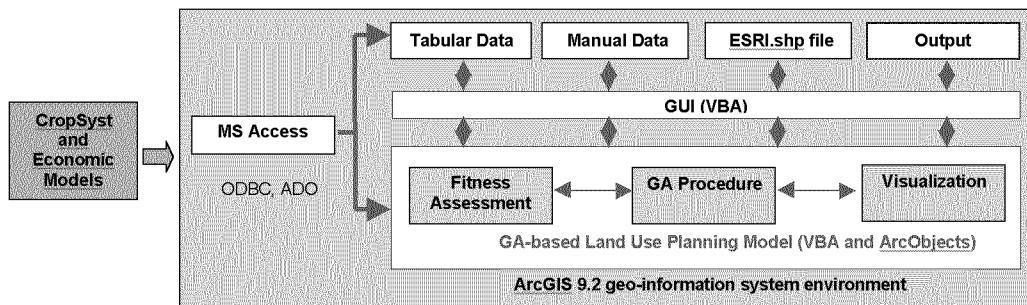


Fig. 1. Integrated component system architecture of GALLOP

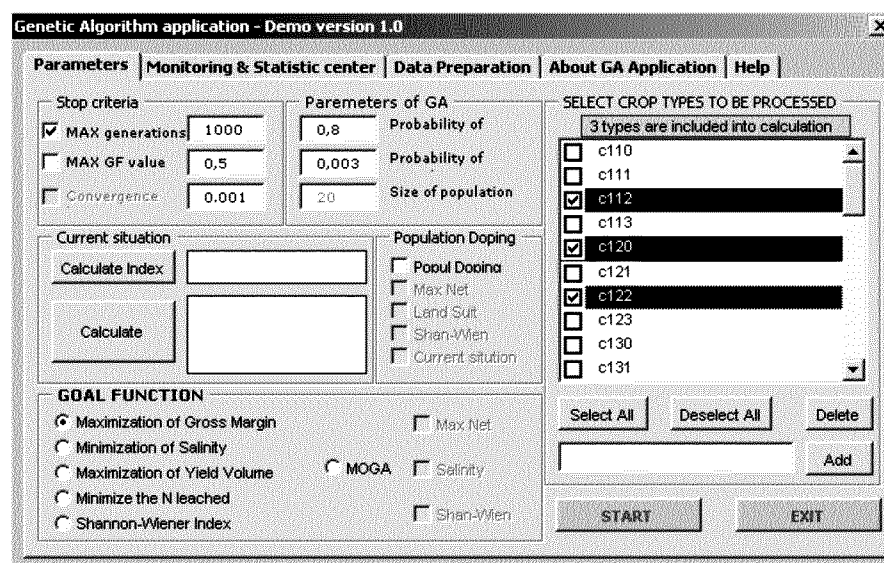


Fig. 2. Main page “Parameters” of the graphical user interface of GALLOP

The geo-information system provides all spatially distributed information to the tool. The specific ecological and economic optimization data used in this study were derived from external crop-soil simulation and non-linear programming models. The user has access to all the functions available in ArcMap for spatial data analyses. The fitness assessment component provides the means of analyzing for the GA module. The visualization procedure serves as decoder from GA-module to the real allocation parcels structure (converting the chromosome) and vice versa. The Genetic Algorithm Module is the core component of an iterative analytical tool. The user specifies a scenario, by choosing the objective functions, defining the management and GA-parameters or by limiting the planning to a subset of the land parcels.

#### 4.2. The GUI of the GALLOP tool

A genetic application toolbar in ArcMap provides access to the specially developed graphical and interactive user forms of the GALLOP tool (Fig. 2).

The graphical user interface includes five pages to manage and monitor the process of optimization. The input parameters (single and multiobjective genetic algorithm parameters, objectives for optimization, etc.) are provided on the main page “Parameters”. The possibility to monitor the optimization process, to track the changes in values of objective functions at each iteration during the whole optimization process, time calculation, changes in the process of algorithm (duplicates of individual, values of Elite individual) is provided on the “Monitoring & Statistical Centre” page. The “Data Preparation” page is used for

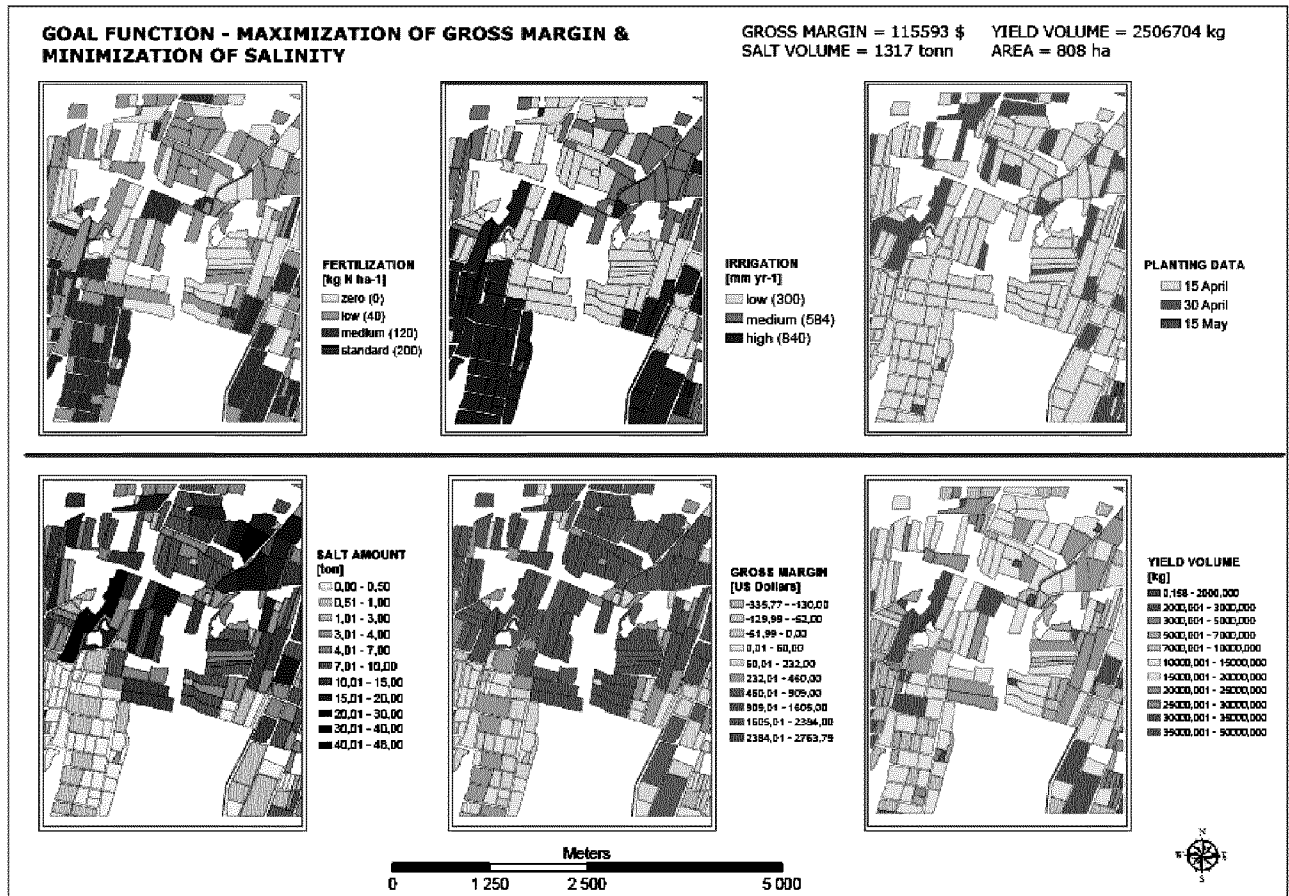


Fig. 3. Result of multiobjective genetic algorithm optimization: maximization of gross margins and minimization of soil salinity are selected as goal functions; white (empty) spots: on-agricultural sites

checking for necessary data for pre- and post-processing calculation of the results.

#### 4.3. Case study: Land use and land management optimization in Uzbekistan

The GALLOP tool was tested in the Khorezm region, Uzbekistan, in the lower reaches of the Amu Darya River. A case-study landscape, the P. Mahmud Shirkat (PM-shirkat; nowadays a privatized farm), representing a typical situation and reflecting all problems of the region, was used as a pilot site for modelling different scenarios for development and reconstruction of the area. In sum, 227 agricultural fields of the PM-shirkat were included, which form the chromosome of corresponding length. Based on land user experts opinion and the current set of regional problems, maximization of the gross margin (GM) was identified as the economic objective. Minimization of soil salinization and Nitrate (N) leached into the groundwater was selected as main

ecological objectives for optimization. Changes of yield volume (in the shown case: raw cotton yields only) were also interesting to us and were calculated in each scenario. The summarized optimization values for each objective are shown in Table 2.

One can see from Table 2 that optimization towards ecological criteria as a single objective (e.g., minimization of soil salinity or N leached) did not really pay off as indicated by gross margin ranging from negative values (for min. soil salinity) to lower values. It was also not profitable if only yields were maximized alone. Alternatively, maximization towards only economic issues (max. gross margins) led to a higher overall soil salinity. If both ecological and economic objectives were optimized (scenarios 5 and 6) a good compromise was achieved. The spatial representation of the best compromise result is shown in Fig. 3.

Compared to the single objective results, this

Table 2. Values of objective functions derived from genetic algorithm tool

Scenario No	Goal function	GM value [US \$]	Soil salinity balance [t]	N leached [t]	Yield [ton]
1	Maximization of GM	158336	3117	64826	2600
2	Minimization of soil salinity	-38666	907	81442	1938
3	Maximization of yield	63636	1786	88745	2978
4	Minimization of N leaching	28343	4319	50733	1789
5	MOGA: combination of 1 and 4	124851	4717	54278	2278
6	MOGA: combination of 1 and 2	115593	1317	70607	2507

optimization really achieves high gross margin and low soil salinity at the same time. In a spatially explicit perspective, this requires higher fertilization and water amount in the marginal areas in the south and less fertilization and low irrigation amount in the more fertile area in the north.

## 5. CONCLUSIONS

A spatial planning tool called “Genetic Algorithms for Land use and Land management OPTimization” (GALLOP) was developed. The application of the tool to a study site showed that pursuing a single objective of land use restructuring such as maximization of gross margins had a major drawback on the ecology, e.g. by increased soil salinity and nitrogen leached. Similarly, only focusing on land management strategies that achieve high raw-cotton yields did not pay off. The combined optimization of multiobjectives was identified as a win-win strategy that achieved both, high profit and low environmental impact. The spatial explicit optimization reflected the necessary site-specific management for the respective optimized objectives. The GALLOP tool represents an innovative, fast, user friendly and spatially explicit planning tool for solving complex land use and land management optimization problems. Next steps will comprise the inclusion of crop-growth and yield of maize, rice, and wheat, as well as a systematic comparison of the GA performance with classical economic non-linear programming optimization.

## REFERENCES

1. Ducheyne E. I., Robert R. De Wulf, Bernard de Baets Bi-objective genetic algorithms for forest management: a com-

parative study.

2. Fonseca C. M., Fleming P. J. Multiobjective optimization and multiple constraint handling with evolutionary algorithms I: A unified formulation. — Sheffield, UK, University of Sheffield, January 1995.—Technical Report 564.
3. Feng C., Lin J. Using a genetic algorithm to generate alternative sketch maps for urban planning // Computer Environment and Urban Systems.—1999.—23.—P. 91—108.
4. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. — Addison-Wesley, 1989.
5. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. — Ann Arbor: The Univ. of Michigan Press, 1975.
6. Malczewski J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview Progress in Planning 62.—2004.—P. 3—65.
7. Matthews K. B. Applying genetic algorithm to multi-objective Land-Use Planning // Phd thesis: The Robert Gordon University, UK, October 2001.
8. Stewart T. J., Janssen R., van Herwijnen M. A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning // Computer and operations Res.—2004.—31.—P. 2293—2313.

## ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ДЛЯ ПІДТРИМКИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

*В. Макаренко, Г. Рюкер, Р. Соммер,  
Н. Джанібєков, Г. Штруці, О. Колодяжний*

Для підтримки прийняття рішень щодо сільськогосподарського менеджменту та розробки оптимальних просторових планів реструктуризації земель було розроблено програмне забезпечення (ПЗ) “Genetic Algorithms for Land use and Land management Optimization” (GALLOP), яке інтегрує адаптований багатопільовий генетичний алгоритм, гео-інформаційну систему та бази даних в ArcGIS середовищі. В якості тестової території була обрана ферма в Хорезмській області у західній частині Узбекистану. Результати тестування ПЗ показали, що багатопільова оптимізація є безпрограшною стратегією, яка дозволяє досягти найкращого компромісу між екологічною та економічною складовими. Запропоноване ПЗ GALLOP є іноваційно зручним та швидким засобом вирішення комплексних просторових задач оптимізації та реструктуризації земельного менеджменту.

УДК 528.517

А. Д. Федоровский, З. В. Козлов,  
К. Ю. Суханов, В. Г. Якимчук

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі  
Інституту геологічних наук НАН України, Київ

## Комплексное использование космической информации дистанционного зондирования Земли и наземных наблюдений для прогнозной оценки залежей углеводородов

Представлено 25.06.07

Розглядаються методи прогнозування покладів вуглеводнів на основі комплексної оцінки космічної інформації дистанційного зондування Землі і наземних спостережень.

При комплексном использовании космической информации дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземных наблюдений для прогнозной оценки наличия залежей углеводородов в качестве источников информативных признаков выступают характеристики геологического строения, параметры геофизических полей и географические особенности территории исследуемого нефтегазоносного региона.

Совокупность признаков, которые уверенно дешифрируются на космических снимках и дополняются данными наземных измерений, позволяет прямо (сигналы от самой залежи, а также от водонефтяного контакта и других ее элементов) или косвенно (сопутствующая нефтегазоносности вторичная минерализация, лито- и гидрогеохимические аномалии, петрофизические неоднородности и т. п.) создать «портрет» нефтегазоносного участка в виде набора соответствующих информационных признаков. Такой обобщенный «портрет» (образ) при четком понимании природы составляющих его сигналов обладает рядом преимуществ перед традиционным представлением «аномалия типа залежь». В тоже время следует учитывать влияние различных процессов в нефтегазоносных комплексах, приповерхностных отложениях и в современных ландшафтах. Большую роль играют глубина залегания, стратиграфический уровень нефтегазоносности и возраст залежей. При этом близкие по

геологическим условиям нефтегазоносности участки могут быть представлены на поверхности совершенно различными ландшафтами, взаимодействие которых с геофизическими и геохимическими «сигналами» от залежей в зависимости от рельефа, гидрологии, состава почв и характера растительности может носить совершенно различный характер [5]. Все это позволяет рассматривать совокупность нефтегазопоисковых признаков в терминах системного подхода и применять для их обработки при прогнозе углеводородных скоплений методы системного анализа.

*Метод многопараметрической оптимизации и нечетких множеств* [6] используется, когда на исследуемой территории имеются разбуренные нефтегазоносные месторождения, которые могут быть приняты в качестве эталона. Задача оценки нефтегазоперспективности участка может быть сформулирована следующим образом: насколько по информативным признакам объект распознавания (участок исследуемой территории) сходен с эталоном (участком с промышленно освоенным месторождением).

Принципиальное отличие такого подхода от прямопоисковых методов выделения «аномалий типа залежь» состоит в том, что дискретная оценка принадлежности исследуемого участка к определенному классу заменяется на непрерывную функцию принадлежности. Именно она определяет меру

соответствия исследуемого участка эталонному, т. е. с установленной нефтегазоносностью и соответствующими геологическими и физико-географическими характеристиками.

Для решения таких задач используются алгоритмы, основанные на формировании совокупности дистанционных и наземных информативных признаков, введении функции близости сравнимых признаков, вычислении их оценок — функций соответствия. Определение степени соответствия исследуемого участка эталону выполняется автоматически путем вычисления функции принадлежности, сформированной на основе функций соответствия.

На космических снимках по спектральным оптическим и пространственным характеристикам изображений растительности и грунтов определяются изменения физиологического состояния растений и структурные признаки (параметры Харалика) элементов ландшафта, находящихся над залежами углеводородов и остальной территории. По наземным измерениям и тематическим картам определяются информативные признаки геологических и геофизических полей для каждого элементарного участка исследуемой территории. На основе полученных комплексных информативных признаков проводится классификация выделенных элементарных участков и оценка их нефтегазоперспективности в соответствии с информативными признаками эталонов.

С помощью изложенного метода в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины выполнялась классификация по нефтегазоперспективности участков фрагмента территории Днепровско-Донецкой впадины [4].

**Метод анализа иерархий** [7] применяется, когда для определения нефтегазоперспективности участков на исследуемой территории нет промышленно освоенных месторождений, которые могут быть приняты в качестве эталона.

Суть метода заключается в декомпозиции процедуры экспертной оценки нефтегазоносности участков на ряд последовательных оценок, распределенных по иерархическим уровням. В этом случае на каждом уровне проводится экспертная оценка влияния составляющих каждого иерархического уровня на предыдущий уровень и, в конечном счете, на конечный результат. Вычисляются частные и глобальные векторы приоритетов. Для получения указанных векторов строится множество матриц парных сравнений по каждой составляющей иерархического уровня, проводится оценка векторов приоритетов с точки зрения их влияния на предыдущий уровень.

В результате последовательной комплексной обработки полученной информации с учетом весовых коэффициентов, места информативных характери-

стик в иерархической системе и значений соответствующих векторов формируется целевая функция — обобщенный критерий. С помощью последнего оценивается степень приоритетности исследуемых участков для их классификации по определению наиболее перспективных из них.

Изложенный метод был использован в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины при оценке нефтегазоперспективности участков шельфа Каспийского моря [2].

**Метод системной динамики (адаптивного баланса влияний — АВС)** [8] используется, когда на исследуемой территории выделены нефтегазоперспективные участки и требуется их детальная разведка. Метод адаптивного баланса влияний позволяет избежать многоуровневые экспертные оценки с привлечением специалистов высокой квалификации.

В течение многолетней практики дистанционных и геологических исследований установлены определенные причинно-следственные связи между наличием в геологических структурах углеводородных залежей ( $P$ ) и, например, такими физическими характеристиками земной поверхности, как спектральные оптические ( $O$ ), температурные ( $T$ ), радио- ( $R$ ), геофизические и геологические ( $G$ ). Наиболее важным для рассмотренного случая является то, что с помощью АВС-метода можно оценить уровень  $P$  нефтегазоперспективности на основе известных процессов  $O$ ,  $T$ ,  $R$ ,  $G$ . Если на определенных участках территории каждый из процессов  $P$ ,  $O$ ,  $T$ ,  $R$ ,  $G$  может быть выражен линейной комбинацией этих процессов, то формируется динамическая АВС-модель, используемая для моделирования и прогнозной оценки нефтегазоперспективности элементарных площадок внутри участка территории.

Метод был использован в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины при детальной оценке нефтегазоносности выделенного участка шельфа Каспийского моря [1].

**Метод количественного структурно-текстурного анализа** [10] характеризует геологическое строение региона и позволяет перейти к геологической модели исследуемой территории, используемой для прогнозной оценки нефтегазоперспективности участков исследуемой территории.

При структурно-текстурном анализе применяются следующие преобразования:

- линейные ортогональные преобразования Фурье, Адамара и Хаара, которые в этом случае являются пространственно-частотными спектрами;
- автокорреляционное преобразование, текстурным спектром которого является автокорреляционная функция, а текстурной частотой — двумерный сдвиг;

- преобразование гистограмм, текстурным спектром которого является гистограмма яркости;
- преобразование матриц смежности, текстурным спектром которого является матрица смежности, а в трехмерную частоту входят значения яркости двух сопредельных элементов и угол, задающий направление смежности.

С помощью рассмотренного метода в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины была выполнена обработка изображения космического снимка сенсора ASTER фрагмента территории ОАЭ. В результате была получена диаграмма пространственного распределения ориентации протяженных структур, используемая при классификации исследуемых участков территории по степеням нефтегазоперспективности [9].

**Мультиспектральный комплексный фитоминдикационный метод** прогноза залежей углеводородов [3] применяется с целью оперативной оценки нефтегазоперспективности поисковых площадей, на которых нет разведанных нефтегазоносных участков и отсутствует необходимая информация о геологическом ее строении. Основой методики является комплексная технология дистанционного выделения спектральных характеристик малоинтенсивных оптических аномалий растительного покрова и грунтов над залежами углеводородов и их интерпретация с учетом геохимических информативных характеристик грунтов, полученных в результате наземных наблюдений. В этом случае растительными покровом совместно с геохимическими характеристиками грунтов выступают в роли информативных признаков залежей углеводородов.

**Гиперспектральный структурно-полевой способ** прогнозирования залежей нефти и газа базируется на генетической связи ландшафтов с расположенными под ними залежами углеводородов. Он отличается тем, что с целью повышения уровня достоверности результатов оценки нефтегазоперспективности при сопоставлении контрастов исследуемых участков оптических аномалий на территории нефтегазоносного региона с оптическими признаками участков разбуренных нефтегазоносных месторождений (эталонов) в качестве сравниваемых информативных признаков принята совокупность коэффициентов корреляции между значениями спектральной яркости изображений исследуемых участков, полученных в разных каналах гиперспектрального космического снимка, и представленных как спектральные зависимости от сдвига по длине волны регистрируемого оптического спектра.

Рассмотренные методы прогноза залежей углеводородов на основе системного анализа позволяют выполнить предварительную оценку участков исследуемой территории на нефтегазоперспективность, что дает возможность снизить затраты на последующую геофизическую разведку, оценить перспективность участков на нефть и газ, уточнить внешние границы нефтегазоносной территории.

1. Архіпова Т. О., Товстюк З. М., Козлов З. В. и др. Оцінка нефтегазоперспективності територій з використанням системного підходу та космічної інформації для наступної геофізичної розвідки // Геоінформ.—2006.—№ 3.—С. 40—45.
2. Боднар О. М., Козлов З. В., Якимчук В. Г., Федоровський О. Д. Системний підхід до оцінки нефтегазоперспективності територій для наступної геофізичної розвідки // Доповіді Національної академії наук України.—2006.—№ 8.—С. 127—132.
3. Деклараційний патент на винахід UA № 63073A. Мультиспектральний структурно-польовий спосіб прогнозування покладів нафти і газу / Перерва В. М., Тепляков М. О., Архіпов О. І. та ін.—Опубліковано 15.01.2004.
4. Козлов З. В., Лукин А. Е., Федоровский А. Д. Прогноз залежей углеводородов в Днепроовско-Донецкой впадине на основе комплексной оценки космической информации ДЗЗ и наземных наблюдений // Доповіді Національної академії наук України.—2007.—№ 2.—С. 111—115.
5. Лукин А. Е. Прямые поиски нефти и газа: причины неудач и пути повышения эффективности // Геолог Украины.—2004.—№ 3.—С. 18—45.
6. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. — М.: Наука, 1982.—328 с.
7. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. — М.: Радио и связь, 1991.—252 с.
8. Тимченко И. Е., Игумнова Е. М., Тимченко И. И. Системный менеджмент и АВС-технологии устойчивого развития. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофиз, 2000.—225 с.
9. Федоровский А. Д., Архипова Т. А., Козлов З. В., Якимчук В. Г. Оценка нефтегазоперспективности участков морского шельфа // Сборник науч. тр. / НАН Украины. МГИ, ИГН, ОФ, ИнБИОМ. — Севастополь, 2006.—Вып. 14.—С. 314—318.
10. Янущіс Д. А. Дешифрование аэрокосмических снимков. — М.: Недра, 1991.—240 с.

#### INTEGRATED UTILIZATION OF REMOTE SENSING INFORMATION AND GROUND-BASED OBSERVATIONS TO PREDICTIVE ESTIMATION OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS

*O. D. Fedorovsky, Z. V. Kozlov, K. Yu. Sukhanov, V. G. Yakimchuk*

Some methods for prediction of hydrocarbon accumulations on the basis of integrated estimation of remote sensing information and ground-based observations are considered.