

## НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 519.21

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАК НАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ

*В. И. Большаков, д. т. н., проф., Ю. И. Дубров, д. т. н., проф.*

**Ключевые слова:** сложная система, программирование, метод планирования экстремальных экспериментов

Известно, что адекватная интерпретация динамики взаимодействия сложной системы (СС) со средой своего существования позволяет изучать её характеристики с отвлечением от ненужных, малозначимых деталей, изучая эти системы на упрощённых, более благоприятных для исследований моделях. Покажем это на конкретных примерах, применяя различные методы интерпретации, для этого исследуем общее и различие двух, казалось бы, различающихся методик – методики математического программирования и методики планирования экстремальных экспериментов.

Термин «программирование», применяемый к методам решения численных задач, с нашей точки зрения, является неудачным. Наиболее правильное название численных задач математического программирования – численные методы планирования, так как эти задачи могут истолковываться как планирование экспериментов, которые ставятся на уже имеющихся математических моделях [1 – 3]. Метод планирования экстремальных экспериментов отличается от численных задач математического программирования прежде всего тем, что планирование экспериментов предусматривает в самом начале его применения создание математической модели, а затем её исследование [4 – 6].

В течение 200 лет экспериментаторам внушали, что единственно правильной методологией исследования объектов является методология, базирующаяся на однофакторном эксперименте. Предполагалось, что экспериментатор может с любой степенью точности стабилизировать все независимые переменные (факторы) и, варьируя поочередно некоторыми из них, устанавливать интересующие зависимости. Однако плохо организованные – *диффузные системы*, в которых невозможно выделить отдельные явления, не поддаются такому исследованию. Эти системы часто называют большими сложными системами (СС), при исследовании которых необходимо учитывать одновременное действие очень многих разнородных факторов. С еще большими трудностями приходится сталкиваться при попытках изучения диффузных систем, для которых неизвестны протекающие в них элементарные процессы. Примером подобной диффузной системы может быть, например, интеллект человека, его психическая деятельность и т. д. [7 – 12].

При проведении экспериментов с диффузными системами наблюдатель всегда имеет дело с количественными вариациями степени проявления различных признаков и свойств, поэтому без статистического анализа невозможно определять, каковы возможные пределы случайных колебаний, случайных величин и др. [13 – 15].

Применение математико-статистических методов по существу представляет получение некоторой статистической модели СС, проверку ее соответствия реальным данным и анализ результатов, вытекающих из ее рассмотрения [13]. Поскольку такой подход к эксперименту впервые ставился на биологических объектах, данное направление получило название «биометрия». Со временем развитие методов биометрии распространилось на все науки, получив более точное название, – «планирование экспериментов» [5]. Таким образом, история создания методов планирования экспериментов показывает, что они иницированы сложностью математического описания процессов, происходящих в живой природе и технике. Именно поэтому наиболее квалифицированная и ответственная работа при постановке задач планирования и задач математического программирования заключается в выборе наиболее существенных для конкретной задачи характеристик явления. Эти задачи еще более усложняются тем, что при выборе метода решения следует учитывать число переменных, а для задач программирования – учёт числа и вида ограничений, свойств исходной функции, точности задания информации и т. д. [1 – 3]. При этом следует помнить, что метод,

предпочтительный для решения одной задачи, может оказаться неэффективным для другой. Следует отметить, что большинство существующих применений методов математического программирования наблюдается к задачам относительно невысокой размерности [1 – 3].

Ещё раз отметим, что если для численных методов программирования предполагается известным вид и свойства исходной функции, которую надо максимизировать (минимизировать), то в методах планирования экспериментов такая функция представляется уравнениями, получаемыми на основании статистического анализа специально спланированных и проведенных экспериментов.

Для того, чтобы показать общее и различие обсуждаемых методов, покажем одну из возможных геометрических интерпретаций метода планирования экспериментов. Для этого представим получаемую в результате проведения экспериментов некоторую функцию  $Y = f(X_1, X_2)$  как поверхность отклика (рис. 1).

Обозначим численное значение указанной функции, принимаемое ею в рабочей точке, как  $Y_{РАБ}(X_1^{мАз.}, X_2^{мАз.})$ . Допускаем, что данная поверхность унимодальная<sup>1</sup>, при этом  $Y^*$  – экстремальное значения функции, а область оптимальных значений функции –  $S_1$ .

Планирование экспериментов заключается в выборе координат экспериментальных точек 2  $(X_1^{max}, X_1^{max})$ , 3  $(X_2^{max}, X_2^{max})$ , 4  $(X_3^{min}, X_3^{max})$ , 5  $(X_4^{msn}, X_{42}^{max})$  [5]. Если закодировать минимальные и максимальные значения переменных как (+) и (-), то планирование экспериментов можно представить матрицей, каждая строка которой – это кодированные значения переменных (см. например, табл. 1). В столбце  $Y$ -ков этой таблицы записываются численные значения функции –  $Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$ , получаемые в результате проведения экспериментов по строкам матрицы. Например, если в точке 2 параметру  $X_1$  присваивается его максимальное значение, а параметру  $X_2$  минимальное значение, то в результате проведения эксперимента по этим строкам получают численные значения  $Y_2, Y_3$  функции  $Y = f(X_1, X_2)$ .

В частности, если планируемые эксперименты характеризуются численными значениями переменных  $X_1, X_2$  где  $X_1$ , например, температура, заданная в точках 900°C и 1100°C, а  $X_2$  – время, заданное в точках 240 мин и 360 мин, то эксперимент в точке 2 должен быть проведен при  $X_1 = 1100^\circ\text{C}$ ,  $X_2 = 240$  мин.

Если в результате проведения этого эксперимента получено численное значение функции, например, количество выпускаемого целевого продукта –  $Y = 777$  жд, то на пересечении соответствующей строки со столбцом  $Y$ -ков записывается это значение.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

Номера точек	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$Y$
2	+	+	-	$Y_2$
3	+	+	+	$Y_3$
4	+	-	-	$Y_4$
5	+	-	+	$Y_5$

На рисунке 1 показана одна из возможных геометрических интерпретаций метода планирования экстремальных экспериментов. Для наглядности в качестве одного из объектов планирования представим схему объекта, показанную на рисунке 2 [15]. Устройство, алгоритм работы которого реализован программно, состоит из стола 1, на котором установлен полый куб 2 с вкладываемой в него диаграммой 3. На диаграмме нанесена цель  $C$ . На диаграмме устанавливается подвижный объект  $O$ , который связан эластичными тягами с фиксаторами  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ . Каждый фиксатор установлен на одной из четырех игровых панелей.

<sup>1</sup> Одноэкстремальная.

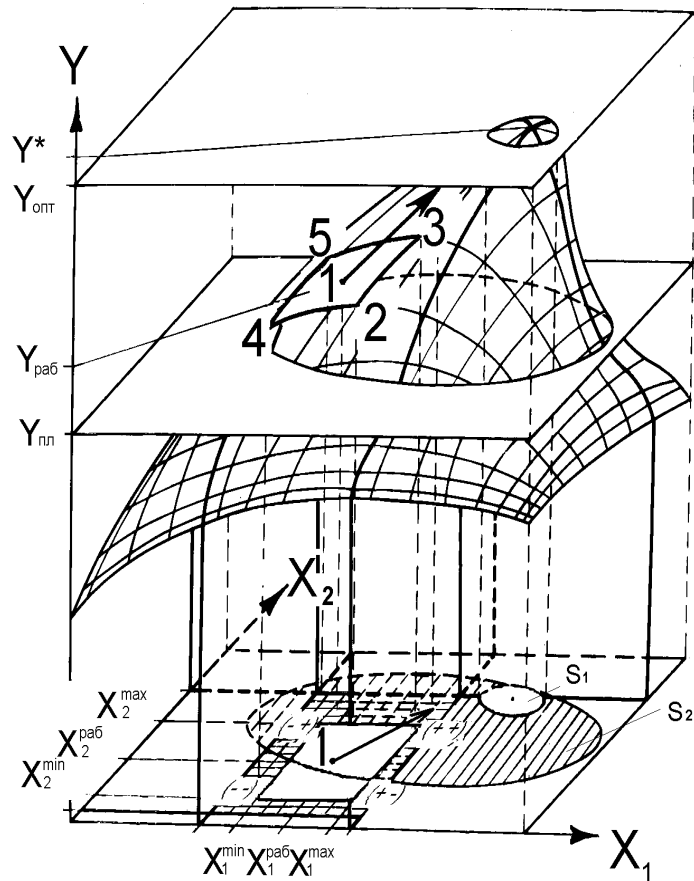


Рис. 1. Геометрическая интерпретация метода планирования экстремальных экспериментов

В подвижный объект  $O$  вставлен самописец для того, чтобы перемещение любого фиксатора, приводящее к перемещению подвижного объекта, приводило к записи траектории его движения на диаграмме 3. Изменения расстояния от подвижного объекта до цели фиксируются компьютером. Таким образом, множество точек на диаграмме 3 с присвоенными им значениями расстояний до цели является траекторией на поверхности отклика (рис. 3).

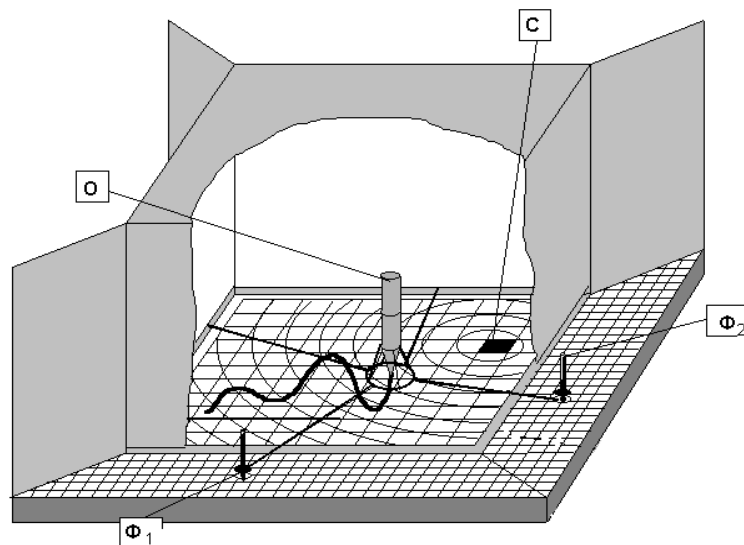


Рис. 2. Схема объекта исследования

Целью эксперимента, который для рассматриваемого случая мы называем психологическим, является выявление степени интеллектуальной мобильности испытуемого, которая заключается в том, что он, не видя диаграммы, путем логического решения,

поочередно устанавливая фиксаторы в выбранные им точки на игровых панелях и получая на каждом шаге поиска информацию об изменении расстоянии от подвижного объекта до цели, приведёт за заданное число шагов подвижный объект  $O$  к цели  $C$ .

Допускаем, что испытуемый решает эту задачу методом планирования экспериментов, где в качестве независимых переменных он выбирает:

$X_1$  – положение фиксатора  $\Phi_1$  на игровой панели, начальные координаты которого  $X_1 = 2$  мм,  $X_2 = 8$  мм;

$X_2$  – положение фиксатора  $\Phi_2$  на игровой панели, начальные координаты которого  $X_1 = 2$  мм,  $X_2 = 8$  мм;

$X_3$  – положение фиксатора  $\Phi_3$  на игровой панели, начальные координаты которого  $X_1 = 2$  мм,  $X_2 = 8$  мм;

$X_4$  – положение фиксатора  $\Phi_4$  на игровой панели, начальные координаты которого  $X_1 = 2$  мм,  $X_2 = 8$  мм; .

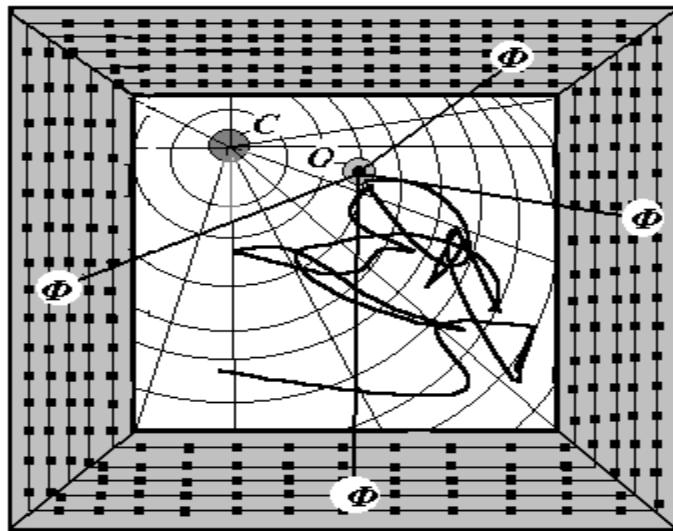


Рис. 3. Траектория на поверхности отклика

Таким образом, решение четырехфакторной задачи сводится к проведению четырёх опытов (матрица планирования эксперимента).

Что же касается имитации метода математического программирования, то эта научная теория построена для описания некоторой области реальной действительности, которая собственно и является её интерпретацией.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гутер Р. С. Элементы численного анализа и обработки результатов опыта / Р. С. Гутер, Б. В. Овчинский. – М. : Наука, 1970. – 432 с.
2. Абрамов Л. М. Математическое программирование / Л. М. Абрамов, В. Ф. Капустин. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. – 184 с.
3. Волков Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. – М. : Наука, 1987. – 236 с.
4. Федотов В. В. Теория оптимального эксперимента / В. В. Федотов. – М. : Наука, 1971. – 437 с.
5. Налимов В. В. Теория эксперимента / В. В. Налимов. – М. : Наука, 1971. – 207 с.
6. Большаков В. И. Этапи ідентифікації багатопараметричних технологій та шляхи їх реалізації / В. И. Большаков, В. М. Волчук, Ю. И. Дубров // Вісник НАНУ. – 2013. – № 8. – С. 66 – 72.
7. Большаков В. И. Искусственный интеллект и три закона робототехники / В. И. Большаков, Ю. И. Дубров // Строительство, материаловедение, машиностроение : Сб. науч. трудов ПГАСА; под общ. ред. В. И. Большакова. – Д., 2010. – Вып. 54. – С. 88 – 100.

8. **Большаков В. И.** Определение психического состояния человека на основе применения экспертных систем / В. И. Большаков, Ю. И. Дубров, А. Н. Ткаченко, Ю. Н. Завалко, А. В. Шеламов. // Вісник Придніпр. держ. акад. будівниц. та архітектури: Зб. наук. пр. – Д. : ПДАБА, 2009. – № 2. – С. 4 – 7.

9. **Большаков В. И.** Экспертная система «ПСИХИАТРИЯ» и алгоритм ее применения / В. И. Большаков, Ю. И. Дубров, А. Н. Ткаченко, Ю. Н. Завалко, А. В. Шеламов // Вісник Придніпр. держ. акад. будівниц. та архітектури: Зб. наук. пр. – Д. : ПДАБА, 2009. – № 7. – С. 4 – 8.

10. **Раушенбах Б. В.** Некоторые психологические аспекты космонавтики и эстетики / Б. В. Раушенбах // Психологический журнал. – АН СССР. – 1986. – Т. 7. – № 1.

11. **Большаков В. И.** Чи може інтелект бути штучним? / В. И. Большаков, Ю. И. Дубров // Вісник НАНУ. – 2009. – № 8. – С. 20 – 26.

12. **Дубров Ю. И.** Людина в сучасному виробництві: Проблеми психічної стійкості та інтелектуальної мобільності / Ю. И. Дубров // Доп. НАНУ. – 1998. – № 11 – 12. – С. 81 – 91.

13. **Большаков В. И.** Решение многокритериальной задачи металловедения с качественно неоднородными критериями / В. И. Большаков, Ю. И. Дубров // Доп. НАНУ. – 2004. – № 11. – С. 95 – 103.

14. **Большаков В. И.** Один из возможных путей решения многокритериальной задачи материаловедения на примере оптимизации технологии плазменно–дугового напыления / В. И. Большаков, А. Б. Загородний, Ю. И. Дубров // Доп. НАНУ. – 2008. – № 1. – С. 87 – 95.

15. А. с. 1313465 СССР, МКИ4 А63 Г 3/00, А 61 В 5/16. Игра Дуброва / Ю. И. Дубров (СССР). – 4 с.

## SUMMARY

**Problem statement.** It is known that an adequate interpretation of the dynamics of mutually-interacting complex system (SS) with the medium of its existence, is allows to study its characteristics, with the distraction of unneeded maloznachimyh parts, studying these systems on simplified, more favorable for research models. We show this by specific examples, take-NJ various methods of interpretation, for this study the total and pour-Chie two seemingly distinct techniques, methods of mathematical-programming techniques and planning experiments extreme-cops.

**Analyzing of the resent research.** The term «programming» that is applied to the numerical methods for solving problems, in our view, is a non-successful. The most correct name of numerical problems in mathematical programming th – numerical methods of planning, as these breech-chi can be construed as planning experiments that hundred-put to the existing mathematical models. Method plans extreme experiments differs from numerical problems ma thematic programming, primarily in that the planning experiments provides the very beginning of its application, the creation of a mathematical model, and then her research.

**Research objective.** If numerical methods for programming pre-supposed-known type and properties of the original function, which must maximize (minimize) the methods of planning experiments, cops, this function is represented by the equations obtained on the a-Considerations for the statistical analysis of a specially designed and CHECK-degenerate experiments.

**Conclusions.** As for the method of mathematical simulation programming, this scientific theory is constructed to describe some of the field-of reality, which actually is its in-interpretation.

## REFERENCES

1. Guter R. S. Jelementy chislennogo analiza i obrabotki rezul'tatov opyta / R. S. Guter, B. V. Ovchinskij. – М. : Nauka, 1970. – 432 s.

2. Abramov L. M. Matematicheskoe programmirovaniye / L. M. Abramov, V. F. Kapustin. – L. : Izd-vo Leningr. un-ta, 1976. – 184 s.

3. Volkov E. A. Chislennyye metody / E. A. Volkov. – М. : Nauka, 1987. – 236 s.

4. Fedotov V. V. Teorija optimal'nogo jeksperimenta / V. V. Fedotov. – М. : Nauka, 1971. – 437 s.

5. Nalimov V. V. Teorija jeksperimenta / V. V. Nalimov. – М. : Nauka, 1971. – 207 s.

6. Bol'shakov V. I. Etapi identifikacii bagatoparametrichnih tehnologij ta shljahi ih realizacii / V. I. Bol'shakov, V. M. Volchuk, Ju. I. Dubrov // Visnik NANU. – 2013. – № 8. – S. 66 – 72.

7. Bol'shakov V. I. Iskusstvennyj intellekt i tri zakona robototekhniki / V. I. Bol'shakov, Ju. I. Dubrov // Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie : Sb. nauch. trudov PGASA; pod obshh. red. V. I. Bol'shakova. – D., 2010. – Vyp. 54. – S. 88 – 100.
8. Bol'shakov V. I. Opredelenie psicheskogo sostojanija cheloveka na osnove primenenija jekspertnyh sistem / V. I. Bol'shakov, Ju. I. Dubrov, A. N. Tkachenko, Ju. N. Zavalko, A. V. Shelamov. // Visnik Pridnpr. derzh. akad. budivnic. ta arhitekturi: Zb. nauk. pr. – D. : PDABA, 2009. – № 2. – S. 4 – 7.
9. Bol'shakov V. I. Jekspertnaja sistema «PSIHIIATRIJA» i algoritm ee primenenija / V. I. Bol'shakov, Ju. I. Dubrov, A. N. Tkachenko, Ju. N. Zavalko, A. V. Shelamov // Visnik Pridnpr. derzh. akad. budivnic. ta arhitekturi: Zb. nauk. pr. – D. : PDABA, 2009. – № 7. – S. 4 – 8.
10. Raushenbah B. V. Nekotorye psichologicheskie aspekty kosmonavtiki i jestetiki / B. V. Raushenbah // Psichologicheskij zhurnal. – AN SSSR. – 1986. – T. 7. – № 1.
11. Bol'shakov V. I. Chi mozhe intelekt buti shtuchnim? / V. I. Bol'shakov, Ju. I. Dubrov // Visnik NANU. – 2009. – № 8. – S. 20 – 26.
12. Dubrov Ju. I. Ljudina v suchasnomu virobniectvi: Problemi psichichnoї stijkosti ta intelektual'noї mobil'nosti / Ju. I. Dubrov // Dop. NANU. – 1998. – № 11 – 12. – S. 81 – 91.
13. Bol'shakov V. I. Reshenie mnogokriterial'noj zadachi metallovedenija s kachestvenno neodnorodnymi kriterijami / V. I. Bol'shakov, Ju. I. Dubrov // Dop. NANU. – 2004. – № 11. – S. 95 – 103.
14. Bol'shakov V. I. Odin iz vozmozhnyh putej reshenija mnogokriterial'noj zadachi materialovedenija na primere optimizacii tehnologii plazmenno–dugovogo napylenija / V. I. Bol'shakov, A. B. Zagorodnij, Ju. I. Dubrov // Dop. NANU. – 2008. – № 1. – S. 87 – 95.
15. A. s. 1313465 SSSR, MKI4 A63 G 3/00, A 61 V 5/16. Igra Dubrova / Ju. I. Dubrov (SSSR). – 4 s.

**Відомості про авторів:**

*Большаков Володимир Іванович, д. т. н., професор, ректор Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, e-mail: postmaster@pgasa.dp.ua.*

*Дубров Юрій Ісайович, д. т. н., професор кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», e-mail: postmaster@pgasa.dp.ua.*

**УДК 519.21**

**ПРОГНОЗУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ЯКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ  
ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ**

*В. І. Большаков, д. т. н., проф., В. М. Волчук, к. т. н., доц.,  
Ю. І. Дубров, д. т. н., проф.*

**Ключові слова:** прокатні валки, критерії якості, активний експеримент, пасивний експеримент, математична модель

Існують відокремлено різні методи пасивного та активного експериментів, перший з яких заснований на формуванні моделі прогнозу, що базується на аналізі передісторії роботи досліджуваної технології в її робочій області, а другий – на дослідженні математичної моделі, заснованої на аналізі взаємодії змінних процесу, що кількісно можуть переважати верхні та нижні рівні робочої області. Наприклад, за допомогою методу пасивного експерименту досліджувався процес полімеризації в заводських умовах [1]. Спираючись на статистичні дані останніх років, отримали рівняння регресії, де як функція мети виступала в'язкість продукту, а як аргументи виступали: ступінь конверсії, кількість контрольованого реагенту та час реакції. Вся ця інформація, що дає пасивний експеримент, важлива для контролю і керування якістю готової продукції, але вона явно недостатня для управління процесом на тому рівні, коли змінні процесу перебувають за межами робочої області.

Найбільш близький до запропонованого метод активного експерименту, в якому застосовували матрицю планування для виявлення факторів, що мають домінуючий вплив на швидкість хлорування титанових шлаків у розплаві [2]. В цій технології, виходячи з теоретичних міркувань, було оцінено вплив п'ятнадцяти факторів на функцію мети. Вміле використання дробової репліки та методики крутого сходження по поверхні відгуку, де застосовувався послідовний «покроковий» аналіз пошуку стаціонарної області, дозволило