

МЕНЕДЖМЕНТ И УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕСОМ

Научная статья

УДК 378.1

doi:10.46554/1993-0453-2023-3-221-48-54

Постановка задачи управления системой стимулирования ППС вуза с использованием генетического алгоритма

Павел Андреевич Никулин

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия, nik28.nikulin@yandex.ru

Аннотация. Актуальность исследования состоит в том, что в современных реалиях вузы столкнулись с необходимостью оптимизации своих расходов и совершенствования системы оплаты труда профессорско-преподавательского состава. Таким образом, поставленную проблему можно сформулировать как необходимость разработки модели системы стимулирования ППС вуза. Из приведенной проблемы вытекает, что целью данной работы является постановка задачи управления применительно к системе стимулирования профессорско-преподавательского состава вуза на основе построения генетического алгоритма. Метод исследования – эволюционное моделирование, генетический алгоритм. Предлагаемая в исследовании модель была описана в терминологии эволюционного моделирования. Так, в своем формализованном виде модель системы стимулирования ППС вуза состоит из 3 пунктов, в первом из которых показана начальная популяция, отображающая множество альтернативных вариантов распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий среди сотрудников вуза из числа ППС. Во втором пункте предлагаемой модели указано, что система мониторинга вуза осуществляет селекцию (отбор) хромосом (вариантов распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий), отвечающих критериям целевой функции, и на их основе формируется новая популяция и приводится непосредственно генетический алгоритм. В третьем пункте говорится, что после формирования новой популяции информация о ней передается во внешнюю среду, включающую в себя мониторинг Минобрнауки и Казначейство, которые после обработки полученной информации формируют целевые показатели вуза на будущий отчетный период, тем самым запуская новый цикл работы генетического алгоритма. Также в статье сформулирована и формализована целевая функция с последующим построением на ее основе задачи оптимального управления. В качестве вывода отметим, что представленная в исследовании модель в перспективе может послужить основой для программы ЭВМ.

Ключевые слова: система стимулирования ППС вуза, эволюционное моделирование, генетический алгоритм

Основные положения:

- ♦ система оплаты труда ППС вуза описывается на основе терминологии эволюционного моделирования;
- ♦ приводится генетический алгоритм работы системы оплаты труда ППС вуза;
- ♦ на основе генетического алгоритма выводится целевая функция и ставится задача управления.

Для цитирования: Никулин П.А. Постановка задачи управления системой стимулирования ППС вуза с использованием генетического алгоритма // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2023. № 3 (221). С. 48–54. doi:10.46554/1993-0453-2023-3-221-48-54.

MANAGEMENT AND BUSINESS MANAGEMENT

Original article

Statement of the problem of managing the incentive system for the teaching staff of the university using a genetic algorithm

Pavel A. Nikulin

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia, nik28.nikulin@yandex.ru

Abstract. The relevance lies in the fact that in relation to modern trends, universities are faced with the need to optimize their costs and improve the remuneration system for the teaching staff. Thus, the problem posed can be formulated as a need to develop a model of the incentive system for the teaching staff of the university. In view of the above problem, the purpose of this work is to formulate a control problem in relation to the incentive system for the teaching staff of the university based on the construction of a genetic algorithm. The applied research methods are evolutionary modeling, genetic algorithm. The model proposed in the study was described in the terminology of evolutionary modeling. So, in its formalized form, the model of the incentive system of the teaching staff of the university consists of three points, the first of which shows the initial population, which reflects a set of alternative options for the distribution of incentive payments, allowances, bonuses among the university staff from among the teaching staff. In the second paragraph of the proposed model, it is indicated that the university monitoring system selects chromosomes (variants for the distribution of incentive payments, allowances, bonuses) that meet the criteria of the objective function and, on their basis, a new population is formed and a genetic algorithm is given directly. The third paragraph states that after the formation of a new population, information about it is transmitted to the external environment, which includes monitoring by the Ministry of Education and Science and the Treasury, which, after processing the information received, forms target indicators of the university for the next reporting period and thereby launching a new cycle of the genetic algorithm. In the second section of the article, the objective function is formulated and formalized, followed by the construction of an optimal control problem on its basis. As a conclusion, we can say that the model presented in the study can serve as a basis for a computer program in the future.

Keywords: university teaching staff incentive system, evolutionary modeling, genetic algorithm

Highlights:

- ◆ the system of remuneration of the teaching staff of the university is described on the basis of the terminology of evolutionary modeling;
- ◆ the genetic algorithm of the work of the system of remuneration of the teaching staff of the university is given;
- ◆ based on the genetic algorithm, an objective function is derived and a control problem is posed.

For citation: Nikulin P.A. Statement of the problem of managing the incentive system for the teaching staff of the university using a genetic algorithm // Vestnik of Samara State University of Economics. 2023. No. 3 (221). Pp. 48–54. (In Russ.). doi:10.46554/1993-0453-2023-3-221-48-54.

Введение

Актуальность представленного в статье исследования заключается в том, что российские вузы в современных реалиях столкнулись с необходимостью оптимизации своих расходов, из чего вытекает важность совершенствования системы оплаты труда профессорско-преподавательского состава. Поставленную в

данном исследовании проблему можно сформулировать таким образом: разработка модели системы стимулирования ППС вуза, которая, во-первых, отображала бы структурные связи между элементами объекта, а во-вторых, позволяла бы прогнозировать различные варианты управления и находить среди них оптимальный, что с практической точки зрения уве-

личит устойчивость системы оплаты труда ППС вуза в кризисных ситуациях [1]. Анализ литературы показал, что основная часть моделей системы оплаты труда ППС вуза построена на экономико-математическом методе, который ввиду своих недостатков не способен выполнить требования к модели, описанные в поставленной проблеме. С учетом данного факта в качестве методологии исследования было выбрано эволюционное моделирование, позволяющее отобразить различные варианты развития системы. Таким образом, можно сформулировать следующие цели и задачи исследования:

1) описать принцип работы системы стимулирования ППС вуза;

2) на основе описания принципа работы системы стимулирования ППС формализовать и построить генетический алгоритм;

3) вывести целевую функцию и на ее основе построить задачу оптимального управления.

Гипотеза данного исследования состоит в том, что, построив модель системы оплаты труда ППС вуза на основе эволюционного моделирования, можно отобразить различные варианты распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий.

Методы

Как отмечалось выше, в качестве методологии исследования выбор пал на эволюционное моделирование. Данный выбор обусловлен тем, что разрабатываемая модель должна из множества вариантов состояний системы отображать те, которые являются оптимальными. Эволюционное моделирование в своем инструментариуме располагает генетическим алгоритмом – методом, основанным на поиске оптимальных вариантов состояний системы. В качестве теоретической базы построения генетического алгоритма были проанализированы работы В.В. Курейчика «Генетические алгоритмы», «Теория и практика эволюционного моделирования» и П.В. Казакова «Модификация генетического алгоритма для решения сложных задач оптимизации».

Результаты

Система стимулирования ППС вуза представляет организационную структуру, состоя-

щую из взаимосвязанных элементов, имеющих входы, выходы, субъект, объект управления и внешнюю среду. Так, стимулирующие надбавки, выплаты и премии формируются на уровне субъекта управления за счет средств фонда оплаты труда (ФОТ) и начисляются сотрудникам из числа ППС при выполнении ими определенных условий, обозначенных во внутренних документах вуза. В качестве элемента, оценивающего состояние системы, выступает мониторинг вуза, который передает получаемую информацию во внешнюю среду (мониторинг Минобрнауки и т.д.), где формируется государственное задание и объем бюджетного субсидирования на будущий отчетный период [2; 3]. Таким образом, оперируя терминологией эволюционного моделирования, можно составить следующую модель генетического алгоритма [4; 5]:

1. Первым элементом модели разрабатываемого генетического алгоритма выступает субъект управления, на уровне которого формируется популяция, характеризующая множеством $p_i^0 = \{p_1^0, p_2^0, \dots, p_{N_p}^0\}$, где каждая хромосома $i = 1, 2, \dots, N_p$ – это отдельный вариант распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий. Из эволюционного моделирования известно, что хромосомы включают в себя гены, которые в данном случае отображают определенную стимулирующую выплату, надбавку, премию [6; 7]. Отдельную хромосому $p_{N_p}^0$ можно отобразить в виде матрицы, приведенной в таблице, где строка – отдельная стимулирующая выплата, надбавка, премия, а столбец – условие g_n , которое необходимо выполнить сотруднику из числа ППС по ежегодному плановому заданию вуза. Исходя из того, что каждый ген кодируется на основе двоичного алфавита $\{0, 1\}$, можно сказать, что в зависимости от выполнения сотрудником условий g_n каждый элемент матрицы a_{ij} приобретает значение 0 или 1 [8–10].

В статье «Постановка задач управления применительно к модели системы стимулирования в вузе» [11] показано, что стимулирующие выплаты (V), надбавки (N) и премии (K) можно описать в виде множеств $V = \{V_{11}, \dots, V_{ij}\}$, $N = \{N_{11}, \dots, N_{ij}\}$, $K = \{K_{11}, \dots, K_{ij}\}$. И следовательно, условные

Хромосома популяции p_i^0

Вид стимулирования	Условия стимулирования			
	g_1	g_2	...	g_n
V_i	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}
N_{ij}	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}
...
K_{ij}	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}

обозначения, приведенные в вышеприведенной таблице, можно интерпретировать следующим образом:

V_i – i -я стимулирующая выплата;

N_{ij} – i -я стимулирующая надбавка j -й выплаты;

K_{ij} – i -я премия j -й стимулирующей выплаты;

g_n – условие, соответствующее определенной стимулирующей выплате, надбавке;

a_{ij} – элемент матрицы, отображающий взаимосвязь стимулирующей выплаты, надбавки, премии с соответствующим им условием g_n .

2. На основе популяции p_i^0 система мониторинга вуза осуществляет селекцию тех хромосом, которые отвечают критериям целевой функции. Целевую функцию можно сформулировать как максимизацию в формируемой популяции p_i^1 хромосом, в которых число элементов (генов), принимающих значение {1}, больше, чем {0} при существующих ограничениях. Таким образом, можно составить модель работы системы мониторинга вуза. Так, популяция p_i^0 представляет собой множество $p_i^0 = \{p_1^0, p_2^0, \dots, p_{N_p}^0\}$ хромосом, каждая из которых представляет собой отдельный вариант распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий, формализованных в виде множества генов (элементов) a , и следовательно, в своем общем виде начальную популяцию p_i^0 можно отобразить следующим образом:

$$p_i^0 = \{p_1^0, p_2^0, \dots, p_{N_p}^0\} \forall p_{N_p}^0 = a^0 = \{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{ij}\}. \quad (1)$$

На основе таблицы можно вывести формулу взаимосвязи между выполнением необходимых условий g_n и элементами (генами) a_{ij} хромосомы p_i^0 :

$$a_{ij} = \begin{cases} a_{ij} = 1, & \text{если сотрудник из числа ППС выполняет условие } g_n; \\ a_{ij} = 0, & \text{если сотрудник из числа ППС не выполняет условие } g_n \end{cases} \quad (2)$$

Далее система мониторинга вуза осуществляет отбор (селекцию (S)) хромосом популяции p_i^0 , которые соответствуют критериям целевой функции, и на их основе формируется p_i^1 , и таким образом данный процесс можно отобразить в формуле:

$$p_i^0 \xrightarrow{S} p_i^1. \quad (3)$$

По аналогии с формулой (1) популяцию p_i^1 можно представить следующим образом:

$$p_i^1 = \{p_1^1, p_2^1, \dots, p_{N_p}^1\} \forall p_{N_p}^1 = a^1 = \{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{ij}\}, \quad (4)$$

где a^1 – гены, относящиеся к хромосомам отобранных для популяции p_i^1 .

На заключительном этапе внешняя среда системы стимулирования ППС вуза, получая информацию о выполненных целевых показателях (популяцию p_i^1), начинает формировать государственное задание и размер бюджетного финансирования на следующий период, запуская начало нового цикла.

Исходя из вышесказанного, приведем на рисунке схему генетического алгоритма работы системы стимулирования ППС вуза.

Из рисунка следует, что элементы работы моделируемого генетического алгоритма приведены в последовательности:

1. «Формирование популяции стимулирующих выплат, надбавок, премий». Этот элемент служит началом нового цикла, где формируется популяция p_i^0 , состоящая из множества хромосом и включающая в себя гены, характеризующие отдельную стимулирующую выплату, надбавку, премию.

2. Вторым и центральным элементом работы генетического алгоритма выступает субъект управления – сотрудники из числа ППС вуза, которые получают соответствующее сти-



Рис. Генетический алгоритм работы системы стимулирования ППС вуза

мулирование по «Положению о стимулирующих выплатах», происходит отбор из хромосом популяции p_i^0 тех, которые отвечают установленным критериям.

3. На основе отобранных хромосом в третьем элементе работы генетического алгоритма «Система мониторинга вуза» формируются популяции p_i^1 , характеризующие информацию о выполнении сотрудниками из числа ППС целевых показателей вуза в данный период.

4. Четвертым и заключительным элементом работы предлагаемого генетического алгоритма выступает внешняя среда, состоящая из двух частей – «Мониторинг Минобрнауки» и «Казначейство», которые на основе обработки информации о выполненных целевых показателях сотрудниками вуза из числа ППС, содержащейся в популяции p_i^1 , формируют перечень госзадания и объем бюджетного субсидирования для вуза на будущий период, запуская новый цикл работы генетического алгоритма.

На основе вышеприведенной целевой функции представляется возможным поставить задачу управления. Так, пусть в пространстве решений M , включающем в себя популяцию p_i^0 и множество хромосом p_{Np}^0 вариантов распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий, существует такая область M^* , которая включает в себя область с популяцией p_i^1 и отобранными хромосомам p_{Np}^1 из $p_i^0 = \{p_1^0, p_2^0, \dots, p_{Np}^0\} \forall a_{ij} = a^0 = \{a_{1j}, a_{2j}\} \in M$, где число значений $a_{ij}=1$ генов, отвечающих целевой функции, достигает максимума при существующих ограничениях D , к которым можно отнести размер фонда оплаты труда и финансово-экономические возможности вуза [10].

Областью решения задачи будет служить множество $t' \in M'$ элементов (хромосом), отобранных системой мониторинга вуза, формирующих популяцию p_i^1 , и если они выполнили условие $t' < D$.

После формирования популяции p_i^1 информация о выполнении целевых показателей вуза передается во внешнюю среду, характеризующуюся мониторингом Минобрнауки и Казначейством, которые после обработки полученных данных формируют госзадание и бюджетные субсидии на будущий год, тем самым запуская начало нового цикла приведенного на рисунке генетического алгоритма.

Обсуждение

Результаты исследования показали, что инструмент эволюционного моделирования – генетический алгоритм, который позволил множество вариантов распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий объединить в начальную популяцию с последующим отбором тех ее элементов, которые отвечают заданной целевой функции. Таким образом, можно сказать, что результаты исследования соответствуют выдвинутой гипотезе.

Проводимое исследование ограничено теоретико-описательным подходом. Использование данного подхода обусловлено необходимостью привести общий вид модели с поставленной задачей управления перед практическим решением в программе ЭВМ.

Целью данного исследования являлась разработка генетического алгоритма модели системы оплаты труда ППС вуза, на основе которого была поставлена целевая функция и задача управления. Генетический алгоритм был построен на основе модели системы оплаты труда ППС вуза, приведенной в статье «Постановка задач управления применительно к модели системы стимулирования ППС в вузе», и выполнил заложенную в гипотезе цель – отоб-

разить множество вариантов распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий. В свою очередь, представленный генетический алгоритм позволил вывести целевую функцию с последующей постановкой задачи управления.

С практической точки зрения представленную в данном исследовании модель возможно использовать для прогнозирования работы системы оплаты труда ППС вуза. Что касается направлений будущих исследований, то предполагается разработка программы для ЭВМ.

Заключение

В процессе проведения исследования была проанализирована система оплаты труда ППС вуза с последующей формализацией посредством терминологии эволюционного моделирования. Формализованная модель состоит из популяции, отражающей возможные варианты состояний системы – распределения стимулирующих выплат, надбавок, премий, механизма селекции – мониторинга вуза, непосредственно генетического алгоритма, включающего в себя популяцию возможных вариантов состояния системы, формируемую на уровне субъекта управления, из которых через механизм селекции отбираются хромосомы, отвечающие требованиям оптимальности. Механизм селекции соответствует уровню субъекта управления, а после формирования популяции отобранных хромосом информация о них передается во внешнюю среду, которая запускает начало нового цикла генетического алгоритма. Также на основе генетического алгоритма была сформирована целевая функция и задача оптимального управления, применительно к объекту исследования.

Список источников

1. Клячко Т.А., Новосельцев А.В., Одоевская Е.В. Уроки пандемии коронавируса и возможное изменение механизма финансового обеспечения деятельности вузов // Вопросы образования. 2021. № 1. С. 8–30.
2. Курейчик В.В., Бова В.В., Лещанов Д.В. Модель семантического поиска в системах управления знаниями на основе генетических процедур // Информационные технологии. 2017. № 12. С. 876–883.
3. Казаков П.В. Программная система многокритериальной оптимизации // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 7 (80). С. 66–75.
4. Маркевич А.В., Сидоренко В.Г. Автоматизация управления распределением трудовых ресурсов // Информатизация образования и науки. 2019. № 3 (43). С. 36–49.
5. Коротченко А.Г., Кумагина Е.А., Сморякова В.М. Введение в многокритериальную оптимизацию. Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2017. 55 с.

6. Зайцев А.М., Дадыкин В.С. Применение инструментария онтологии в процессе управления маркетинговой деятельностью высших учебных заведений // Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. Серия: Экономика. Социология. Культурология. 2021. № 3 (23). С. 6–10.
7. Гребенникова И.В. Методы оптимизации : учеб. пособие. Екатеринбург : УрФУ, 2017. 148 с.
8. Загинайло М.В., Фатхи В.А. Генетический алгоритм как эффективный инструмент эволюционных алгоритмов // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 22. С. 513–518.
9. Прохорова И.А., Аверьянова С.С. Применение генетических алгоритмов при решении многокритериальных задач // Наука ЮУрГУ : материалы 72-й науч. конф. Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2020. С. 112–120.
10. Каштаева С.В. Методы оптимизации : учеб. пособие. Пермь : Прокрость, 2020. 84 с.
11. Никулин П.А. Постановка задач управления применительно к модели системы стимулирования ППС в вузе // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. Т. 10, № 4 (56). С. 49–53.

References

1. Klyachko T.L., Novoseltsev A.V., Odоеvskaya E.V. Lessons of the coronavirus pandemic and possible changes in the mechanism of financial support for the activities of universities // Questions of education. 2021. No. 1. Pp. 8–30.
2. Kureychik V.V., Bova V.V., Leshchanov D.V. Model of semantic search in knowledge management systems based on genetic procedures // Information technologies. 2017. No. 12. Pp. 876–883.
3. Kazakov P.V. Software system of multi-criteria optimization // Bulletin of the Bryansk State Technical University. 2019. No. 7 (80). Pp. 66–75.
4. Markevich A.V., Sidorenko V.G. Automation of labor resource allocation management // Informatization of education and science. 2019. No. 3 (43). Pp. 36–49.
5. Korotchenko A.G., Kumagina E.A., Smoryakova V.M. Introduction to multicriteria optimization. Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State University, 2017. 55 p.
6. Zaitsev A.M., Dadykin V.S. Application of ontology tools in the process of marketing activity management of higher educational institutions // Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. Ser.: Economics. Sociology. Cultural studies. 2021. No. 3 (23). Pp. 6–10.
7. Grebennikova I.V. Optimization methods : textbook. Yekaterinburg : UrFU, 2017. 148 p.
8. Zaginailo M.V., Fathi V.A. Genetic algorithm as an effective tool of evolutionary algorithms // Innovations. Science. Education. 2020. No. 22. Pp. 513–518.
9. Prokhorova I.A., Averyanova S.S. Application of genetic algorithms in solving multicriteria problems // Science of SUSU : materials of the 72nd Scientific Conference. Chelyabinsk : SUSU Publishing Center, 2020. Pp. 112–120.
10. Kashtaeva S.V. Optimization methods : textbook. Perm : Prokrost, 2020. 84 p.
11. Nikulin P.A. Statement of management tasks in relation to the model of the faculty incentive system at the university // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2021. Vol. 10, No. 4 (56). Pp. 49–53.

Информация об авторе

П.А. Никулин – аспирант кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета.

Information about the author

P.A. Nikulin – post-graduate student of the Digital Economy Department of Bryansk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 07.12.2022; одобрена после рецензирования 16.12.2022; принята к публикации 31.07.2023.

The article was submitted 07.12.2022; approved after reviewing 16.12.2022; accepted for publication 31.07.2023.