

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОТИВАЦИИ ТОП-МЕНЕДЖМЕНТА ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТРУКТУР РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОЦЕЛЕВОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА*

Сергей Николаевич ЯШИН^a, Егор Викторович КОШЕЛЕВ^b,
Дмитрий Андреевич СУХАНОВ^c

^a доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
имени Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижний Новгород, Российская Федерация
jashinsn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7182-2808>
SPIN-код: 4191-7293

^b кандидат экономических наук,
доцент кафедры менеджмента и государственного управления,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
имени Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижний Новгород, Российская Федерация
ekoshelev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5290-7913>
SPIN-код: 8429-5702

^c кандидат экономических наук, преподаватель,
НОЧУ ДПО «Биота — Плюс»,
Нижний Новгород, Российская Федерация
svx85@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4600-0108>
SPIN-код: 4012-2672

* Ответственный автор

История статьи:

Reg. № 136/2022
Получена 14.03.2022
Получена
в доработанном виде
28.03.2022
Одобрена 11.04.2022
Доступна онлайн
30.05.2022

УДК 332.142.2

JEL: C63, E17, O21,

Аннотация

Предмет. Мотивация топ-менеджеров государственных структур в
приведении в соответствие интересов населения, государства и его
топ-менеджеров.

Цели. Создание модели мотивации топ-менеджмента госструктур
регионов, ставящей нематериальную мотивацию в зависимость от
достигнутого стратегического потенциала региона.

Методология. Использован многоцелевой генетический алгоритм,
Парето-фронт.

Результаты. Для каждой из трех целей в конкретном регионе
сравниваются последние фактические значения исследуемых
девяти факторов с ближайшими плановыми (оптимальными)

* Исследование выполнено в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030», проект Н-426-99_2022-2023 «Социально-экономические модели и технологии развития креативного человеческого капитала в инновационном обществе».

О36	значениями Парето-фронта. Положительное отклонение от оптимума оценивается позитивно, что позволяет дополнительно поощрять топ-менеджеров материально либо нематериально. Отрицательное отклонение свидетельствует о принятии ими в прошлом некачественных управленческих решений.
Ключевые слова: мотивация топ-менеджмента, многоцелевой генетический алгоритм	Выводы. Результаты могут быть полезны государственным структурам для разработки рациональной системы материальной и нематериальной мотивации топ-менеджеров.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Яшин С.Н., Кошелев Е.В., Суханов Д.А. Моделирование мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов с использованием многоцелевого генетического алгоритма // *Финансы и кредит*. — 2022. — Т. 28, № 5. — С. 972 — 999. <https://doi.org/10.24891/fc.28.5.972>

Создание конкурентных преимуществ отечественной экономики невозможно без разработки и применения необходимых методов управления в государственных структурах страны. Соответствующие стратегии, например «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года», направлены на достижение подобных инновационных преимуществ РФ на глобальном рынке.

Метаэвристические алгоритмы являются составной частью технологий искусственного интеллекта и позволяют проводить глобальную оптимизацию процессов, имеющих большую размерность. К таким процессам следует отнести в числе прочего и мотивацию топ-менеджмента государственных структур как на уровне всей страны, так и на уровне ее регионов. При этом сложность построения рациональной системы мотивации топ-менеджеров связана с тем, что их можно мотивировать как материально, так и нематериально. Во втором случае мы имеем в виду прежде всего карьерный рост государственных служащих, занимающих серьезные руководящие посты.

Моделирование системы мотивации топ-менеджеров целесообразно начинать с изучения основополагающих принципов их мотивирования, которые принципиально отличаются от подходов, применяемых для мотивации рядовых работников.

В работе О. Хитровой и др. [1] установлено, что своевременное выявление и диагностика проблемных ситуаций, возникающих на пути развития и роста организаций, существенно зависит от уровня квалификации и профессионализма руководителя.

Кроме того, согласно точке зрения А. Мунна [2] руководитель всегда имеет возможность влиять на других, и существует три типа навыков управленческого руководства: технические навыки, навыки межличностного общения и навыки принятия решений. Технические в идеале связаны с возможностью использования методов и приемов для выполнения задачи. Межличностные сосредоточены исключительно на способности понимать, общаться и хорошо работать с отдельными лицами и группами посредством развития эффективных отношений.

Исследователь М.Н. Догар [3] в подобном контексте изучил выявление динамики исключения внутренних заинтересованных сторон из процесса принятия организационных стратегических решений, а также ее влияния на эффективность и устойчивость деятельности организации. Автор предложил механизм предотвращения таких конфликтов в организациях социального развития в частности и организациях в целом.

Следующим важным этапом построения рациональной системы мотивации топ-менеджмента является создание необходимых для этого моделей. Так, Р. Кампф и др. [4] определили значительные различия между потребностями старших руководителей и работников — «синих воротничков», используя *t*-тест Стьюдента с двумя выборками. По результатам тестирования ученые сделали вывод о том, что в сфере мотивационных факторов в Словакии невозможно установить единую мотивационную программу для анализируемых групп работников. В дальнейшем, после удовлетворения потребностей сотрудников, не исключено, что со сменой требований может измениться и мотивация.

Еще одной удачной моделью стала модель управления мотивацией работы руководителей, оформленная в виде структурно-логической схемы, основанная на системном подходе и разложении, а также отражающая взаимодействие субъекта и объекта в процессе формирования и внедрения системы мотивации руководителей на предприятии. По методу линейной множественной регрессии была построена система уравнений для описания экономико-математической модели мотивации менеджмента на нефтегазовых предприятиях, которая после повторных экспериментов обеспечивала диагностику показателей до, во время и после реализации модели мотивации менеджмента.

Мотивация в государственном секторе заслуживает отдельного пристального внимания в процессе моделирования топ-менеджмента. Так, Г. Шварц, Н. Эва и А. Ньюмен [5], чтобы лучше понять лидерство в государственном секторе, в своей статье рассмотрели связь между подотчетностью,

следованием правилам, политической лояльностью и подходами к управлению сетью для руководства и мотивации сотрудников к государственной службе (PSM) и индивидуальной работой. Используя выборку из 300 гражданских служащих и их 64 менеджеров в Китае, исследователи показывают, что подотчетность, следование правилам, политическая лояльность и руководство сетью в значительной степени положительно связаны с уровнями PSM сотрудников и эффективностью работы.

Поскольку в представляемом нами подходе мы применяем для моделирования мотивации топ-менеджмента государственных структур многоцелевой генетический алгоритм, принадлежащий классу метаэвристических алгоритмов, исследуем его преимущества и последние достижения в различных областях научного знания.

Сам по себе многоцелевой генетический алгоритм (MGA) — это метод прямого поиска задач многоцелевой оптимизации. Он основан на процессе генетического алгоритма, популяционное свойство генетического алгоритма хорошо применяется в MGA. Если сравнивать с традиционным многоцелевым алгоритмом, целью которого является поиск единого решения Парето, MGA пытается определить количество решений Парето (К. Лонг и др. [6]).

Исследователь А. Фита [7] своей целью поставил нахождение четко определенной и значимой аппроксимации набора решений для линейных и нелинейных трехцелевых задач оптимизации, поскольку для лица, принимающего решение, важно получить как можно больше информации о наборе возможных решений. В данной статье используется непрерывный переменный генетический алгоритм, чтобы найти приблизительный почти оптимальный набор решений.

Авторы А. Хан и А.Р. Байг [8] представили метод, основанный на эволюционном алгоритме, для решения задачи выбора многоцелевого подмножества признаков. Таким образом, перед построением классификатора необходимо выбрать подмножество элементов. Эта предложенная методика рассматривает выбор подмножества признаков как многоцелевую задачу оптимизации. В этом исследовании используется один из последних многоцелевых генетических алгоритмов.

В статье С. Дас, Ш. Чаудхури и А.К. Дас [9] предложен метод кластерного анализа на основе многообъектного генетического алгоритма для нахождения оптимального набора перекрывающихся кластеров. Общая

производительность метода исследуется на некоторых популярных наборах данных и микрочипов, и оптимальность кластеров измеряется некоторыми важными индексами проверки кластера. Экспериментальные результаты показывают эффективность предлагаемого способа.

В работе Б. Ли и Б. Джин [10] представлены исследования по стратегии перепланирования сроков и новому гибричному генетическому алгоритму для включения новой задачи обработки. При этом временной интервал устанавливается в соответствии с моментом времени новой задачи, и гарантируется оптимизация многозначного планирования. Затем за счет совершенствования генетического алгоритма и объединения с моделируемым алгоритмом отжига представлен новый гибридный алгоритм, реализующий оптимизационную обработку в гибком планировании цеха. Эксперимент показывает, что алгоритм улучшает возможности глобальной оптимизации. Наконец, результаты моделирования показывают, что алгоритм может получить решение Парето более высокого качества при статическом планировании и вставке новой задачи.

Как утверждают В. Тананант и С. Аувананамонгкол [11], контролируемая кластеризация стремится достичь нескольких целей, таких как компактность кластеров, однородность данных в кластерах по отношению к их меткам классов и раздельность кластеров. С учетом этих целей в данной статье ученые предлагают новый контролируемый алгоритм кластеризации, основанный на многообъектном генетическом алгоритме скопления, названном SC-MOGA. Алгоритм ищет оптимальное решение кластеризации, которое одновременно достигает трех указанных целей. Экспериментальные результаты показывают, что предлагаемый метод выборки данных не только помогает сократить число экземпляров данных, подлежащих кластеризации с помощью SC-MOGA, но и повышает качество результатов кластеризации данных.

В труде М. Сардараза и М. Тахира [12] представлен многоцелевой алгоритм для планирования научных рабочих процессов в облачных вычислениях. Результаты показывают, что предложенный алгоритм обеспечивает улучшение времени выполнения и снижает стоимость при использовании системы, сбалансированной по нагрузке.

В статье Дж. Ванга и др. [13] была установлена математическая модель многоцелевой оптимизации на основе генетического алгоритма (GA) для проектирования конструкции сгорающих ядов в реакторе под давлением. Затем была разработана программа оптимизации путем объединения

параллельного многоцелевого GA с транспортным кодом частиц Монте-Карло в качестве решателя нейтроники и истощения.

В работе А. Магхаури и др. [14] был предложен гибридный генетический алгоритм (HGA), который использует генетический алгоритм (GA) для выполнения глобального поиска, поддерживаемого алгоритмом оптимизации роя частиц (PSO), для выполнения локального поиска. Предложенный алгоритм был опробован на основе четырех контрольных многоцелевых функций оптимизации, где удалось достичь максимального баланса между поисковой разведкой и поисковой эксплуатацией космоса. Алгоритм также преуспел в улучшении общей производительности HGA путем ограничения среднего числа итераций до сходимости.

Авторы М. Никсерешт и М. Раджи [15] для гетерогенной встраиваемой системы представили новое многообъектное отображение и планирование задач на основе генетических алгоритмов (сокращенно MOGATS). Задачи картирования и планирования моделируются как подход оптимизации на основе генетических алгоритмов. Таким образом, авторский инструмент планирования задач является первым многоцелевым планированием задач на стадии проектирования встроенных систем, чтобы помочь проектировщику определить, какой набор планирования обеспечит их желаемый результат.

Однако многоцелевой генетический алгоритм (MGA) требует проверки его решений в крайних точках полученного Парето-фронта, для чего мы будем использовать в нашем исследовании алгоритм поиска по шаблону (Direct Search, Pattern Search) в силу его высокого качества оптимизации. Опишем ряд его преимуществ.

В условиях неопределенности и турбулентности классические и традиционные подходы не способствуют нахождению полного решения реальных проблем оптимизации. Поэтому для серьезного решения этих проблем требуются новые методы глобальной оптимизации. Одним из таких методов являются гибридные генетические алгоритмы и поиск шаблонов, универсальная, гибкая, надежная и универсальная структура для решения сложных задач глобальной оптимизации и поиска в реальных приложениях (П. Васант [16]).

Производительность алгоритма поиска по шаблону была тщательно протестирована Е. Байенсом, А. Херреросом и Ж.Р. Пераном [17] с использованием функций эталона и сопоставлена с некоторыми известными алгоритмами глобальной оптимизации. Результаты вычислительного

исследования показывают, что алгоритм сочетает в себе простоту и эффективность, он конкурентоспособен по сравнению со стратегиями на основе эвристики, используемыми в настоящее время для глобальной оптимизации.

Наконец, предлагаемый нами подход к необходимости проверки решений MGA с помощью других алгоритмов глобальной оптимизации применяется также и другими авторами, которые используют для этого иные алгоритмы, отличные от поиска по шаблону. Так, Г. Джорджио и М. Санджорджио [18] утверждают, что полный взгляд на границу возможен, если сначала решить одноцелевые задачи, соответствующие крайностям границы Парето, а затем использовать такие решения в качестве элитных представителей первоначального решения. В документе этот подход сравнивается с более привычной инициализацией с использованием некоторых классических тестов с переменным числом целей и известных аналитических решений.

В работе С. Яшина и др. [19] уже решалась более простая задача материальной и нематериальной мотивации топ-менеджмента управляющих структур регионов и округов. Для этого оценивалась эффективность межкластерного взаимодействия внутри одного федерального округа с помощью системы факторов социально-экономического развития регионов России, непосредственно влияющих на естественный прирост населения в регионах округа. Для решения поставленной задачи также применялся MGA, который позволил получить Парето-фронт для двухцелевой функции естественного прироста населения, все решения которого одинаково оптимальны. Выбирая любую точку Парето-фронта, мы можем найти в ней доли материальной и нематериальной мотивации топ-менеджеров.

Однако теперь исследуется более сложная задача трехцелевой глобальной оптимизации мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов, что позволит поставить нематериальную мотивацию топ-менеджеров в зависимость от достигнутого стратегического потенциала региона и их материальной мотивации. Кроме того, новая задача решается для регионов всей страны, в которых имеются инновационные территориальные кластеры из перечня, утвержденного Правительством РФ.

В целях моделирования мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов определим трехцелевую функцию, где первая цель — это нематериальная мотивация топ-менеджмента, вторая — его материальная мотивация, а третья — стратегический потенциал региона. Каждая из данных целей зависит от трех факторов x_1 , x_2 , x_3 в одной системе координат (x_1, x_2, x_3, y) (табл. 1).

Моделирование мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов с учетом внешних и внутренних связей, применяя для этого MGA, будем проводить в несколько этапов (рис. 1).

Этап 1 — сбор данных о социально-экономическом развитии регионов с инновационными кластерами. Эффективное межкластерное взаимодействие внутри страны принимает экономико-финансовый, информационный и логистический характер. Для регионов с инновационными территориальными кластерами это будут внешние связи, а для кластеров внутри региона — внутренние. Также следует учитывать внешние связи регионов с другими странами. Эффективность подобного взаимодействия можно оценить, если использовать систему оценки социально-экономического развития регионов России с помощью мест, занимаемых данными субъектами в РФ, по ряду факторов:

- 1) валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения (x_1);
- 2) инвестиции в основной капитал на душу населения (x_2);
- 3) внутренние затраты на научно-исследовательские разработки (НИР) (x_3);
- 4) среднедушевые денежные доходы населения (в месяц) (x_1);
- 5) общая площадь жилых помещений на душу населения (x_2);
- 6) удельный вес автодорог с твердым покрытием (x_3);
- 7) поступление налогов на душу населения (x_1);
- 8) уровень занятости населения (x_2);
- 9) численность студентов на 10 000 чел. населения (x_3).

Данные факторы непосредственно влияют на значение коэффициента естественного прироста населения на 1 000 чел. (y) в регионах страны.

Первые три фактора характеризуют систему нематериального поощрения топ-менеджеров в государственных структурах, следующие три — систему их материального поощрения, а последние три — имеющийся стратегический потенциал региона, необходимый для его дальнейшего успешного развития. При этом первые три фактора отражают эффективность решения общегосударственных задач, а следующие три — эффективность решения приоритетных для населения задач. Приоритеты населения важнее, следовательно, эффективность их выполнения нужно

мотивировать материально. Реализацию же общегосударственных задач мы рекомендуем мотивировать нематериально.

Однако, как уже указывалось ранее, нематериальная мотивация топ-менеджеров — это прежде всего возможность их карьерного роста. Мы определяем эту возможность в зависимости от успешности выполнения приоритетных для населения задач, а также от успешности наращивания стратегического потенциала региона. Таким образом, построение множества эффективных решений с помощью Парето-фронта будет выполняться для двух первоочередных целей — стратегический потенциал региона и материальная мотивация топ-менеджмента, после чего уже как следствие будет получено множество оптимальных решений для нематериальной мотивации.

Этап 2 — построение нелинейных регрессий для многоцелевой функции коэффициента естественного прироста населения. На этом этапе для стратегического потенциала региона и материальной мотивации топ-менеджмента получаем необходимые нелинейные регрессии, к примеру, в программе Statistica, которые затем будут использоваться нами в целях глобальной оптимизации трехцелевой функции коэффициента естественного прироста населения (y).

Этап 3 — оптимизация нелинейных регрессий на заданных интервалах с помощью поиска по шаблону. В России имеется 85 субъектов (регионов). Поэтому интервал, на котором будем оптимизировать трехцелевую функцию $y = f(x_1, x_2, x_3)$, составит значения (1; 85). Поиск ее глобальных наибольших значений для каждой нелинейной регрессии с применением для этого алгоритма поиска по шаблону позволит проверить крайние значения Парето-фронта, который мы получим впоследствии, используя MGA.

Этап 4 — оптимизация нелинейных регрессий с помощью многоцелевого генетического алгоритма. Данный алгоритм позволяет получить фронт Парето для двухцелевой функции, все точки которого являются одинаково оптимальными решениями. Он отражает набор наибольших y , а также значений его факторов x_1, x_2, x_3 . Таким образом, выбирая любую точку Парето-фронта, мы можем найти в ней оптимальные значения функций стратегического потенциала и материальной мотивации, а также соответствующие им значения факторов x_1, x_2, x_3 .

Этап 5 — моделирование нематериальной мотивации по Парето-фронт для материальной мотивации и стратегического потенциала

региона. Проводя двухцелевую оптимизацию, мы одновременно получаем в пакете Matlab значение третьей функции — нематериальной мотивации — в каждой точке, соответствующей фронту Парето для первых двух функций. Это позволяет спланировать нематериальную мотивацию топ-менеджеров в зависимости от выполнения приоритетных для населения задач, а также наращивания стратегического потенциала, необходимого для развития региона.

Вывод о фактическом премировании (поощрении) топ-менеджеров государственных структур регионов делается следующим образом. Для каждой из трех функций в конкретном регионе сравниваем последние фактические значения факторов x_1 , x_2 , x_3 с ближайшими плановыми (оптимальными) значениями. Положительное отклонение от оптимума оцениваем позитивно, что позволяет дополнительно поощрять топ-менеджеров материально либо нематериально. Отрицательное отклонение свидетельствует о принятии ими в прошлом некачественных управленческих решений, что, безусловно, должно отразиться на их поощрении.

Рассмотрим процесс моделирования мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов страны, применим для этого MGA. В конце сделаем выводы для конкретного региона.

Согласно перечню, который утвержден Правительством РФ, в России действуют 25 пилотных инновационных территориальных кластеров по соответствующим регионам страны. По этой причине будем изучать только те регионы (области или республики), в которых находятся кластеры из указанного перечня.

Этап 1 — сбор данных о социально-экономическом развитии регионов с инновационными кластерами. Используя показатели «Статистического обозрения» Федеральной службы государственной статистики, соберем необходимые данные за 10 лет с 2010 по 2019 г. для исследуемых регионов. Получается матрица размерности 200×10 . В *табл. 1* отражены эти данные для последнего исследуемого 2019 г.

Этап 2 — построение нелинейных регрессий для многоцелевой функции коэффициента естественного прироста населения. По данным *табл. 1* в пакете Statistica можем получить три наиболее достоверные множественные нелинейные регрессии:

- нематериальная мотивация (*рис. 2*):

$$y = 9,96172 + 0,1769 x_1 + 0,3188 x_3 - 1,32628 \sqrt{x_1} - 4,05206 \sqrt{x_3} - 1,04676 \ln x_2 + 2,72664 \ln x_3, R^2 = 0,857;$$

- материальная мотивация (рис. 3):

$$y = -2,77578 + 0,30824 x_2 - 0,01069 x_2^2 + 0,00001 x_1^3 + 0,00009 x_2^3 - 0,00001 x_3^3 + 1,18178 \ln x_1, R^2 = 0,825;$$

- стратегический потенциал (рис. 4):

$$y = 15,0191 - 0,2383 x_1 + 0,1342 x_2 + 0,4561 x_3 + 8,1069 \sqrt{x_1} - 1,4168 \sqrt{x_2} - 7,4633 \sqrt{x_3} - 13,0338 \ln x_1 + 6,8303 \ln x_3, R^2 = 0,779.$$

Этап 3 — оптимизация нелинейных регрессий на заданных интервалах с помощью поиска по шаблону. Оптимизация регрессий в пакете Matlab на интервале (1; 85) с использованием алгоритма поиска по шаблону дает результаты:

- для нематериальной мотивации:

$$y_{\max} = 14,6 \text{ при } (x_1, x_2, x_3) = (85; 1; 85);$$

- для материальной мотивации:

$$y_{\max} = 12,9 \text{ при } (x_1, x_2, x_3) = (85; 85; 1);$$

- для стратегического потенциала:

$$y_{\max} = 21,9 \text{ при } (x_1, x_2, x_3) = (1; 1; 85).$$

Этап 4 — оптимизация нелинейных регрессий с помощью многоцелевого генетического алгоритма. Подход MGA позволяет получить в пакете Matlab фронт Парето для функции двух целей — стратегического потенциала и материальной мотивации (рис. 5 и 6).

Этап 5 — моделирование нематериальной мотивации по Парето-фронту для материальной мотивации и стратегического потенциала региона. На рис. 5 и 6 отражены также значения третьей функции — нематериальной мотивации, которые соответствуют оптимальным значениям функций стратегического потенциала и материальной мотивации.

Анализ полученного на рис. 5 и 6 фронта Парето позволяет сделать следующие выводы.

1. Максимальный прирост населения будет наблюдаться в случае ориентации на стратегический потенциал. Коэффициент естественного прироста населения на 1 000 чел. здесь равен 20,5.
2. В этом случае для функции нематериальной мотивации должны быть максимальными ВРП на душу населения ($x_1 \approx 1$) и инвестиции в основной капитал на душу населения ($x_2 \approx 1$). А внутренние затраты на НИР должны быть почти минимальными ($x_3 \approx 75$). Такая ситуация объясняется тем, что инвестиции в основной капитал и затраты на НИР — конкурирующие цели в условиях ограниченности финансовых ресурсов.
3. Для функции материальной мотивации максимальными должны быть среднедушевые денежные доходы населения (в месяц) ($x_1 \approx 1$) и общая площадь жилых помещений на душу населения ($x_2 \approx 1$). А удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием допускается тоже почти минимальным ($x_3 \approx 75$).
4. Для функции стратегического потенциала должны быть максимальными поступления налогов на душу населения ($x_1 \approx 1$) и уровень занятости населения ($x_2 \approx 1$). При этом допускается почти минимальное значение численности студентов на 10 000 чел. населения ($x_3 \approx 75$).

Но это предварительные выводы для 20 исследуемых регионов с инновационными территориальными кластерами. А чтобы сделать выводы для конкретного региона, сравним фактические значения в 2019 г. исследуемых факторов с оптимальными значениями на фронте Парето, например, для Нижегородской области (табл. 2).

Согласно данным рис. 6 три наиболее близких оптимума Парето-фронта находятся в строках под номерами 21, 23, 6 (или 15). Они отражены в табл. 2 как оптимумы 1, 2, 3. Отклонение от каждого оптимума смотрим как разницу между соответствующими значениями $x_i (i = \overline{1,3})$ для конкретной целевой функции y . Так, для функции стратегического потенциала наиболее близкий оптимум — 1. Тогда сумма отклонений мест по x_1, x_2, x_3 составит 39. Для функции материальной мотивации наиболее близкий оптимум — 2, и сумма отклонений мест для него составит тоже 39. Для функции нематериальной мотивации наиболее близкий оптимум — 3, и сумма отклонений мест для него составит 76. При этом отклонение коэффициента естественного прироста населения (y) наименьшее в случае ориентации на оптимум 1 и составляет 16,1.

В этом случае согласно результатам *табл. 2* численность студентов на 10 000 чел. населения и уровень занятости населения примерно соответствуют плановым оптимальным значениям. Но удельный вес автодорог с твердым покрытием нужно увеличить, чтобы Нижегородской области подняться с 49-го на 34-е место, общую площадь жилых помещений на душу населения — также увеличить, чтобы подняться с 33-го на 21-е место, среднедушевые денежные доходы (в месяц) — значительно увеличить, чтобы подняться с 20-го на 2-е место.

При этом внутренние затраты на НИР следует уменьшить, чтобы опуститься с 4-го на 34-е место, а инвестиции в основной капитал на душу населения увеличить, чтобы подняться с 41-го на 21-е место. Так происходит по причине того, что эти две цели являются конкурирующими при ограниченном бюджете финансирования. Кроме того, ВРП на душу населения необходимо значительно увеличить, чтобы Нижегородской области подняться с 34-го на 2-е место.

В результате исследования получены следующие основные выводы.

1. Для моделирования мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов целесообразно решать трехцелевую задачу глобальной оптимизации, что позволит поставить нематериальную мотивацию топ-менеджеров в зависимость от достигнутого стратегического потенциала региона и их материальной мотивации.
2. Каждая из данных целей зависит от трех факторов x_1 , x_2 , x_3 в одной системе координат. Данные факторы непосредственно влияют на значение коэффициента естественного прироста населения на 1 000 чел. в регионах страны.
3. Первые три из девяти факторов характеризуют систему нематериального поощрения топ-менеджеров в государственных структурах, следующие три — систему их материального поощрения, а последние три — имеющийся стратегический потенциал региона, необходимый для его дальнейшего успешного развития.
4. Построение множества эффективных решений с помощью Парето-фронта следует выполнять для двух первоочередных целей — стратегический потенциал региона и материальная мотивация топ-менеджмента, после чего уже, как следствие, будет получено множество оптимальных решений для нематериальной мотивации.

5. Вывод о фактическом премировании (поощрении) топ-менеджеров государственных структур регионов делается следующим образом. Для каждой из трех функций в конкретном регионе сравниваются последние фактические значения факторов x_1 , x_2 , x_3 с ближайшими плановыми (оптимальными) значениями. Положительное отклонение от оптимума оценивается позитивно, что позволяет дополнительно поощрять топ-менеджеров материально либо нематериально. Отрицательное отклонение свидетельствует о принятии ими в прошлом некачественных управленческих решений, что, безусловно, должно отразиться на их поощрении.

Полученные результаты могут быть полезны государственным структурам для разработки рациональной системы материальной и нематериальной мотивации своих топ-менеджеров.

Таблица 1
Данные для построения регрессионных моделей

Table 1
Data for regression model construction

Регион	Место, занимаемое субъектом в РФ					
	Нематериальная мотивация			Материальная мотивация		
	ВРП на душу населения	Инвестиции в основной капитал на душу населения	Внутренние затраты на НИР	Среднедушевые денежные доходы (в месяц)	Общая площадь жилых помещений на душу населения	Удельный вес автотранспортных средств с твердым покрытием
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
1. Калужская область	27	31	20	27	10	65
2. Московская область	16	19	3	9	1	23
3. Москва	6	10	1	4	82	1
4. Архангельская область	33	47	48	19	28	66
5. Ленинградская область	17	11	18	24	17	26
6. Санкт-Петербург	9	23	2	10	47	2
7. Республика Башкортостан	44	50	16	32	46	10
8. Республика Мордовия	63	65	56	81	30	76
9. Республика Татарстан	15	14	11	16	37	34
10. Пермский край	24	28	10	31	65	50
11. Нижегородская область	34	41	4	20	33	49
12. Самарская область	29	42	9	35	35	82
13. Ульяновская область	60	70	15	70	23	46
14. Свердловская область	22	33	5	14	45	29
15. Республика Алтай	76	78	40	69	63	53
16. Красноярский край	10	17	6	26	55	19
17. Кемеровская область	47	27	45	63	57	22
18. Новосибирская область	35	45	7	33	50	44
19. Томская область	23	43	12	41	62	52
20. Хабаровский край	20	24	38	13	67	11

Продолжение таблицы

Регион	Место, занимаемое субъектом в РФ Стратегический потенциал			Коэффициент естественного прироста населения на 1 000 чел.
	Поступление налогов на душу населения	Уровень занятости	Численность студентов на 10 000 чел. населения	
	x_1	x_2	x_3	y
1. Калужская область	25	20	59	-5,7
2. Московская область	22	8	80	-2,5
3. Москва	6	6	2	1,2
4. Архангельская область	34	70	68	-4,4
5. Ленинградская область	16	24	82	-5,3
6. Санкт-Петербург	10	7	1	-0,1
7. Республика Башкортостан	30	67	38	-1,8
8. Республика Мордовия	57	19	13	-5,7
9. Республика Татарстан	12	17	6	-0,1
10. Пермский край	20	71	51	-3
11. Нижегородская область	31	16	29	-5,6
12. Самарская область	17	21	21	-3,9
13. Ульяновская область	38	60	22	-5
14. Свердловская область	32	43	26	-2,6
15. Республика Алтай	68	61	47	3,5
16. Красноярский край	9	22	39	-1,7
17. Кемеровская область	54	63	65	-5,2
18. Новосибирская область	40	33	8	-2
19. Томская область	13	39	3	-1,4
20. Хабаровский край	28	15	12	-2,4

Источник: Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru>

Source: The Federal State Statistics Service data. URL: <https://www.gks.ru> (In Russ.)

Таблица 2
Оценка деятельности Нижегородской области

Table 2
The Nizhny Novgorod Oblast's activities assessment

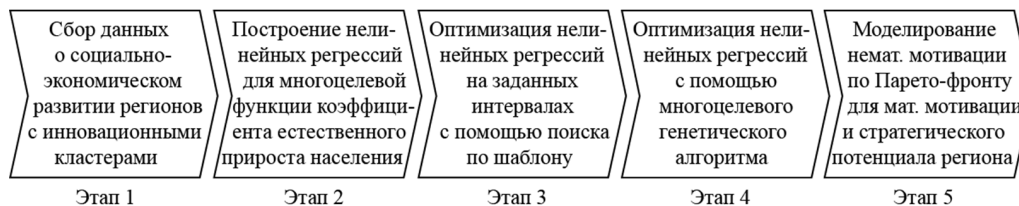
Показатели	Место, занимаемое субъектом в РФ					
	Нематериальная мотивация			Материальная мотивация		
	ВРП на душу населения	Инвестиции в основной капитал на душу населения	Внутренние затраты на НИР	Среднедушевые денежные доходы (в месяц)	Общая площадь жилых помещений на душу населения	Удельный вес автотрасс с твердым покрытием
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
Фактическое значение (2019)	34	41	4	20	33	49
Самый близкий оптимум 1	2	21	34	2	21	34
Отклонение от оптимума 1	-32	-20	30	-18	-12	-15
Фактическое значение (2019)	34	41	4	20	33	49
Самый близкий оптимум 2	1	17	45	1	17	45
Отклонение от оптимума 2	-33	-24	41	-19	-16	-4
Фактическое значение (2019)	34	41	4	20	33	49
Самый близкий оптимум 3	85	19	1	85	19	1
Отклонение от оптимума 3	51	-22	-3	65	-14	-48

Продолжение таблицы

Показатели	Место, занимаемое субъектом в РФ			Коэффициент естественного прироста населения на 1 000 чел.
	Стратегический потенциал			
	Поступление налогов на душу населения	Уровень занятости	Численность студентов на 10 000 чел. населения	
	x_1	x_2	x_3	y
Фактическое значение (2019)	31	16	29	-5,6
Самый близкий оптимум 1	2	21	34	10,5
Отклонение от оптимума 1	-29	5	5	-16,1
Фактическое значение (2019)	31	16	29	-5,6
Самый близкий оптимум 2	1	17	45	14,9
Отклонение от оптимума 2	-30	1	16	-20,5
Фактическое значение (2019)	31	16	29	-5,6
Самый близкий оптимум 3	85	19	1	11,2
Отклонение от оптимума 3	54	3	-28	-16,8

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1**Этапы моделирования мотивации топ-менеджмента государственных структур регионов****Figure 1****Stages of modeling of the motivation of key executives of government agencies of the regions**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2**Регрессия нематериальной мотивации****Figure 2****Regression of non-financial motivation**

Regression Summary for Dependent Variable: Var10 (Regions_3.sta)
 R= ,92594578 R²= ,85737558 Adjusted R²= ,84515063
 F(6,70)=70,133 p<0,0000 Std.Error of estimate: 1,0057

N=77	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(70)	p-value
Intercept			9,96172	1,784829	5,58133	0,000000
Var3	2,93552	0,692518	0,31880	0,075207	4,23890	0,000067
SQRV3	-3,63084	1,065548	-4,05206	1,189163	-3,40748	0,001090
LN-V3	1,32485	0,497763	2,72664	1,024436	2,66160	0,009638
LN-V2	-0,23202	0,079658	-1,04676	0,359385	-2,91264	0,004806
Var1	1,43075	0,542308	0,17690	0,067053	2,63825	0,010262
SQRV1	-0,94981	0,545310	-1,32628	0,761453	-1,74178	0,085939

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3
Регрессия материальной мотивации

Figure 3
Regression of financial motivation

Regression Summary for Dependent Variable: Var10 (Regions_3.sta)						
R= ,90849012 R ² = ,82535430 Adjusted R ² = ,81038467						
F(6,70)=55,135 p<0,0000 Std.Error of estimate: 1,1129						
N=77	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(70)	p-value
Intercept			-2,77578	1,445985	-1,91965	0,058979
V4**3	0,41765	0,132844	0,00001	0,000002	3,14391	0,002446
V5**3	5,51764	1,081397	0,00009	0,000018	5,10233	0,000003
V5**2	-6,88600	1,494558	-0,01069	0,002319	-4,60739	0,000018
Var5	1,77997	0,505659	0,30824	0,087565	3,52010	0,000763
LN-V4	0,40928	0,130853	1,18178	0,377837	3,12777	0,002567
V6**3	-0,12534	0,063423	-0,00001	0,000003	-1,97632	0,052060

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4
Регрессия стратегического потенциала

Figure 4
Regression of strategic potential

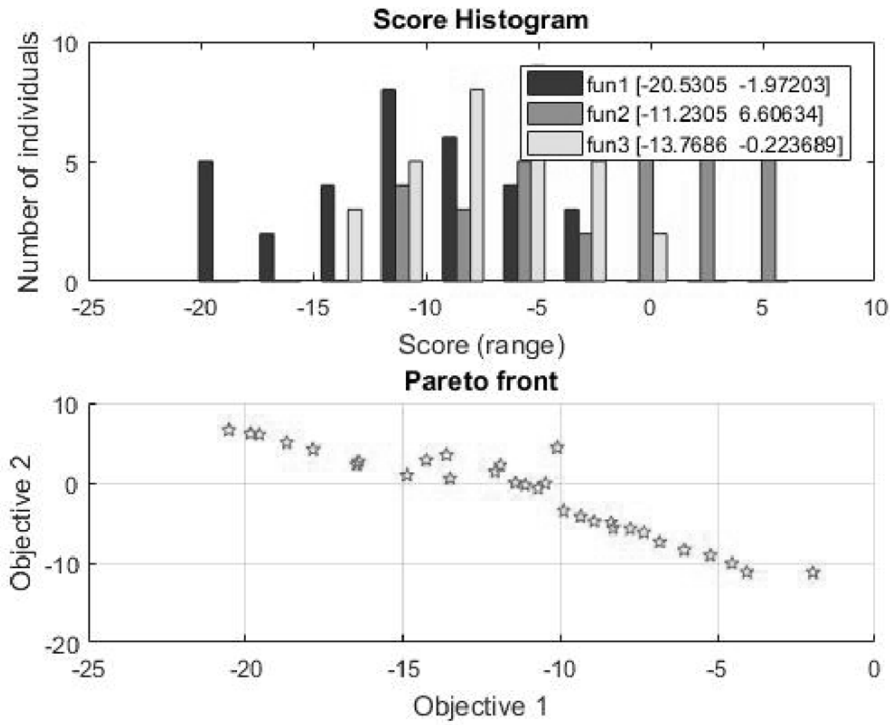
Regression Summary for Dependent Variable: Var10 (Regions_3.sta)						
R= ,88245455 R ² = ,77872604 Adjusted R ² = ,75269381						
F(8,68)=29,914 p<0,0000 Std.Error of estimate: 1,2709						
N=77	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(68)	p-value
Intercept			15,0191	2,906653	5,16714	0,000002
Var7	-1,90463	1,940789	-0,2383	0,242775	-0,98137	0,329889
SQRV7	5,93936	3,810889	8,1069	5,201640	1,55852	0,123751
Var9	4,70427	0,887557	0,4561	0,086052	5,30024	0,000001
SQRV9	-7,87952	1,619837	-7,4633	1,534268	-4,86439	0,000007
LN-V9	3,91653	0,976773	6,8303	1,703455	4,00966	0,000154
LN-V7	-3,99155	2,031972	-13,0338	6,635115	-1,96437	0,053575
Var8	1,35475	0,775240	0,1342	0,076766	1,74752	0,085062
SQRV8	-1,32725	0,802079	-1,4168	0,856196	-1,65477	0,102581

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5
Парето-фронт стратегического потенциала (fun 1) и материальной мотивации (fun 2)

Figure 5
Pareto Frontier of strategic potential (fun 1) and financial motivation (fun 2)



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 6

Координаты точек Парето-фронта стратегического потенциала (f1) и материальной мотивации (f2)

Figure 6

Coordinates of Pareto Frontier points of strategic potential (f1) and financial motivation (f2)

Index	f1 ▲	f2	f3	x1	x2	x3
1	-20,531	6,606	-9,209	1,002	1,17	74,763
25	-19,844	6,157	-8,316	1,011	2,666	74,541
4	-19,563	6,057	-8,205	1,033	2,906	74,458
10	-18,69	5,024	-7,217	1,034	5,079	71,066
7	-17,855	4,194	-6,708	1,074	2,888	61,316
19	-16,472	2,267	-4,735	1,041	16,171	59,517
8	-16,414	2,642	-5,039	1,084	17,797	63,568
23	-14,877	0,974	-3,336	1,104	17,069	44,988
31	-14,261	2,833	-5,5	1,459	7,462	60,791
29	-13,621	3,479	-6,218	1,716	3,902	62,026
16	-13,509	0,537	-2,897	1,255	16,782	39,524
14	-12,078	1,401	-4,162	1,675	16,8	56,698
18	-11,91	2,198	-5,076	1,889	12,55	63,303
30	-11,436	-0,009	-1,736	1,537	24,714	25,712
13	-11,115	-0,284	-0,364	1,998	80,293	26,14
32	-10,711	-0,696	-0,224	2,15	80,993	20,844
21	-10,471	-0,074	-2,179	1,744	20,876	34,257
27	-10,103	4,409	-7,233	3,306	3,682	73,935
3	-9,901	-3,508	-13,769	83,951	1,169	80,488
2	-9,36	-4,199	-13,124	83,973	1,477	77,276
28	-8,924	-4,821	-12,709	83,651	1,269	72,825
9	-8,378	-4,946	-11,986	81,659	1,415	69,391
5	-8,315	-5,687	-12,032	83,945	1,415	67,703
24	-7,778	-5,755	-11,213	82,773	2,881	68,12
11	-7,348	-6,216	-10,699	82,868	4,594	67,809
12	-6,843	-7,403	-10,23	84,816	6,029	64,308
20	-6,061	-8,423	-9,345	84,835	10,684	61,603
22	-5,239	-9,085	-8,305	83,66	11,702	53,291
17	-4,555	-10,081	-7,217	84,293	9,74	35,426
26	-4,075	-11,194	-6,715	84,905	17,378	3,199
6	-1,974	-11,23	-6,231	85	18,994	1,352
15	-1,972	-11,23	-6,242	85	18,741	1,348

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Khytrova O.A., Sysoieva I.M., Dolha H.V. et al.* Ensuring the Growth of Enterprises and Organizations Through the Motivation of Managerial Staff. *International Journal of Economics and Business Administration*, 2020, vol. 8, iss. 2, pp. 219–228. URL: <https://doi.org/10.35808/ijeba/454>
2. *Munna A.S.* Strategic Management, Leadership and Staff Motivation: Literature Review. *International Education and Culture Studies*, 2021, vol. 1, iss. 1, pp. 21–29. URL: <https://repository.uwtsd.ac.uk/id/eprint/1857>
3. *Dogar M.N.* Breach of Psychological Contract: Impact on Workforce Motivation and Organizational Sustainability. *Emerald Emerging Markets Case Studies*, 2020, vol. 10, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1108/EEMCS-01-2019-0005>
4. *Kampf R., Lorincova S., Kapustina L.M., Lizbetinova L.* Motivation Level and its Comparison Between Senior Managers and Blue-Collar Workers in Small and Medium-Sized Transport Enterprises. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*, 2017, vol. 19, no. 4, pp. 43–49. URL: <https://doi.org/10.26552/com.C.2017.4.43-49>
5. *Schwarz G., Eva N., Newman A.* Can Public Leadership Increase Public Service Motivation and Job Performance? *Public Administration Review*, 2020, vol. 80, iss. 4, pp. 543–554. URL: <https://doi.org/10.1111/puar.13182>
6. *Long Q., Wu Ch., Wang X. et al.* A Multiobjective Genetic Algorithm Based on a Discrete Selection Procedure. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, vol. 2015, 17 p. URL: <https://doi.org/10.1155/2015/349781>
7. *Fita A.* Three-Objective Programming with Continuous Variable Genetic Algorithm. *Applied Mathematics*, 2014, vol. 5, no. 21, pp. 3297–3310. URL: <https://doi.org/10.4236/am.2014.521307>
8. *Khan A., Baig A.R.* Multi-Objective Feature Subset Selection using Non-dominated Sorting Genetic Algorithm. *Journal of Applied Research and Technology*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 145–159. URL: [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(15\)30013-4](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(15)30013-4)
9. *Das S., Chaudhuri Sh., Das A.K.* Optimal Set of Overlapping Clusters Using Multi-objective Genetic Algorithm. *ICMLC 2017: Proceedings of the 9th International Conference on Machine Learning and Computing*, 2017, pp. 232–237. URL: <https://doi.org/10.1145/3055635.3056653>

10. Li B., Jin B.-F. Research on Dynamic Multi-objective FJSP Based on Genetic Algorithm. 2018 IEEE 16th Int Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 16th Int Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 4th Int Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress, 2018, pp. 347–352.
URL: <https://doi.org/10.1109/DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTec.2018.00-97>
11. Thananant V., Auwatanamongkol S. Supervised Clustering based on a Multi-objective Genetic Algorithm. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 2019, vol. 27, iss. 1, pp. 81–121.
URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Supervised-Clustering-based-on-a-Multi-objective-Thananant-Auwatanamongkol/3adf6038a893803af9ac6644b7295a444b078f4d>
12. Sardaraz M., Tahir M. A Parallel Multi-objective Genetic Algorithm for Scheduling Scientific Workflows in Cloud Computing. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2020, vol. 16, iss. 8.
URL: <https://doi.org/10.1177/1550147720949142>
13. Wang J., Liu Sh., Li M. et al. Multiobjective Genetic Algorithm Strategies for Burnable Poison Design of Pressurized Water Reactor. *International Journal of Energy Research*, 2021, vol. 45, iss. 8, pp. 11930–11942.
URL: <https://doi.org/10.1002/er.5926>
14. Maghawry A., Hodhod R., Omar Y., Kholief M. An Approach for Optimizing Multi-objective Problems Using Hybrid Genetic Algorithms. *Soft Computing*, 2021, vol. 25, pp. 389–405.
URL: <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05149-3>
15. Nikseresht M., Raji M. MOGATS: A Multi-objective Genetic Algorithm-based Task Scheduling for Heterogeneous Embedded Systems. *International Journal of Embedded Systems*, 2021, vol. 14, iss. 2, pp. 171–184.
URL: <https://doi.org/10.1504/IJES.2021.113811>
16. Vasant P. A Novel Hybrid Genetic Algorithms and Pattern Search Techniques for Industrial Production Planning. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*, 2012, vol. 03, no. 04.
URL: <https://doi.org/10.1142/S1793962312500201>
17. Baeyens E., Herreros A., Perán J.R. A Direct Search Algorithm for Global Optimization. *Algorithms*, 2016, vol. 9, iss. 2, p. 40.
URL: <https://doi.org/10.3390/a9020040>

18. *Guariso G., Sangiorgio M.* Improving the Performance of Multiobjective Genetic Algorithms: An Elitism-Based Approach. *Information*, 2020, vol. 11, iss. 12, p. 587. URL: <https://doi.org/10.3390/info11120587>
19. *Yashin S., Koshelev E., Tsybalov S. et al.* Assessment of Material and Intangible Motivation of Top Management in Regions Using Multipurpose Genetic Algorithm. *Proceedings of the International Conference Digital Age: Traditions, Modernity and Innovations (ICDATMI 2020)*, 2020, vol. 489, pp. 33–39. URL: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201212.009>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

MODELING OF MOTIVATION OF KEY EXECUTIVES OF GOVERNMENT AGENCIES OF REGIONS USING A MULTI-OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM

Sergei N. YASHIN ^{a,*},
Egor V. KOSHELEV ^b,
Dmitrii A. SUKHANOV ^c

^a National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
jashinsn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7182-2808>

^b National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
ekoshelev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5290-7913>

^c Non-State Educational Private Institution for Advanced Vocational Education Biota – Plus,
Nizhny Novgorod, Russian Federation
svx85@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4600-0108>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 136/2022
Received 14 Mar 2022
Received in revised
form 28 March 2022
Accepted 11 April 2022
Available online
30 May 2022

JEL classification:

C63, E17, O21, O36

Keywords: motivation,
senior leadership,
multi-purpose genetic
algorithm

Abstract

Subject. This article explores the motivation of top managers of government entities to bring into line the interests of the population, the State and its key executives.

Objectives. The article aims to create a model of motivation of key executives of government institutions of the regions, which will make it possible to make the intangible motivation of top managers contingent on the achieved strategic potential of the region and their financial incentives.

Methods. For the study, we used a multi-objective genetic algorithm and the Pareto Frontier solutions set.

Results. The article proposes a procedure for reaching a conclusion about the actual bonus award (incentivization) of key executives of government agencies of the regions.

Conclusions and Relevance. The results obtained can be useful to government agencies to develop a rational system of financial and non-financial incentives of their senior leadership.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Yashin S.N., Koshelev E.V., Sukhanov D.A. Modeling of Motivation of Key Executives of Government Agencies of Regions Using a Multi-Objective Genetic Algorithm. *Finance and Credit*, 2022, vol. 28, iss. 5, pp. 972–999.
<https://doi.org/10.24891/fc.28.5.972>

Acknowledgments

The study was carried out within the framework of the implementation of the Federal academic leadership program Priority 2030, project H-426-99_2022-2023, *Socio-Economic Models and Technologies for the Development of Creative Human Capital in an Innovative Society*.

References

1. Khytrova O.A., Sysoieva I.M., Dolha H.V. et al. Ensuring the Growth of Enterprises and Organizations Through the Motivation of Managerial Staff. *International Journal of Economics and Business Administration*, 2020, vol. 8, iss. 2, pp. 219–228. URL: <https://doi.org/10.35808/ijeba/454>
2. Munna A.S. Strategic Management, Leadership and Staff Motivation: Literature Review. *International Education and Culture Studies*, 2021, vol. 1, iss. 1, pp. 21–29. URL: <https://repository.uwtsd.ac.uk/id/eprint/1857>
3. Dogar M.N. Breach of Psychological Contract: Impact on Workforce Motivation and Organizational Sustainability. *Emerald Emerging Markets Case Studies*, 2020, vol. 10, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1108/EEMCS-01-2019-0005>
4. Kampf R., Lorincova S., Kapustina L.M., Lizbetinova L. Motivation Level and its Comparison Between Senior Managers and Blue-Collar Workers in Small and Medium-Sized Transport Enterprises. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*, 2017, vol. 19, no. 4, pp. 43–49. URL: <https://doi.org/10.26552/com.C.2017.4.43-49>
5. Schwarz G., Eva N., Newman A. Can Public Leadership Increase Public Service Motivation and Job Performance? *Public Administration Review*, 2020, vol. 80, iss. 4, pp. 543–554. URL: <https://doi.org/10.1111/puar.13182>
6. Long Q., Wu Ch., Wang X. et al. A Multiobjective Genetic Algorithm Based on a Discrete Selection Procedure. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, vol. 2015, 17 p. URL: <https://doi.org/10.1155/2015/349781>
7. Fita A. Three-Objective Programming with Continuous Variable Genetic Algorithm. *Applied Mathematics*, 2014, vol. 5, no. 21, pp. 3297–3310. URL: <https://doi.org/10.4236/am.2014.521307>
8. Khan A., Baig A.R. Multi-Objective Feature Subset Selection using Non-dominated Sorting Genetic Algorithm. *Journal of Applied Research and*

- Technology*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 145–159.
URL: [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(15\)30013-4](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(15)30013-4)
9. Das S., Chaudhuri Sh., Das A.K. Optimal Set of Overlapping Clusters Using Multi-objective Genetic Algorithm. *ICMLC 2017: Proceedings of the 9th International Conference on Machine Learning and Computing*, 2017, pp. 232–237. URL: <https://doi.org/10.1145/3055635.3056653>
 10. Li B., Jin B.-F. Research on Dynamic Multi-objective FJSP Based on Genetic Algorithm. 2018 IEEE 16th Int Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 16th Int Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 4th Int Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress, 2018, pp. 347–352.
URL: <https://doi.org/10.1109/DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTec.2018.00-97>
 11. Thananant V., Auwatanamongkol S. Supervised Clustering based on a Multi-objective Genetic Algorithm. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 2019, vol. 27, iss. 1, pp. 81–121.
URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Supervised-Clustering-based-on-a-Multi-objective-Thananant-Auwatanamongkol/3adf6038a893803af9ac6644b7295a444b078f4d>
 12. Sardaraz M., Tahir M. A Parallel Multi-objective Genetic Algorithm for Scheduling Scientific Workflows in Cloud Computing. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2020, vol. 16, iss. 8.
URL: <https://doi.org/10.1177/1550147720949142>
 13. Wang J., Liu Sh., Li M. et al. Multiobjective Genetic Algorithm Strategies for Burnable Poison Design of Pressurized Water Reactor. *International Journal of Energy Research*, 2021, vol. 45, iss. 8, pp. 11930–11942.
URL: <https://doi.org/10.1002/er.5926>
 14. Maghawry A., Hodhod R., Omar Y., Kholief M. An Approach for Optimizing Multi-objective Problems Using Hybrid Genetic Algorithms. *Soft Computing*, 2021, vol. 25, pp. 389–405.
URL: <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05149-3>
 15. Nikseresht M., Raji M. MOGATS: A Multi-objective Genetic Algorithm-based Task Scheduling for Heterogeneous Embedded Systems. *International Journal of Embedded Systems*, 2021, vol. 14, iss. 2, pp. 171–184.
URL: <https://doi.org/10.1504/IJES.2021.113811>

16. Vasant P. A Novel Hybrid Genetic Algorithms and Pattern Search Techniques for Industrial Production Planning. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*, 2012, vol. 03, no. 04.
URL: <https://doi.org/10.1142/S1793962312500201>
17. Baeyens E., Herreros A., Perán J.R. A Direct Search Algorithm for Global Optimization. *Algorithms*, 2016, vol. 9, iss. 2, p. 40.
URL: <https://doi.org/10.3390/a9020040>
18. Guariso G., Sangiorgio M. Improving the Performance of Multiobjective Genetic Algorithms: An Elitism-Based Approach. *Information*, 2020, vol. 11, iss. 12, p. 587. URL: <https://doi.org/10.3390/info11120587>
19. Yashin S., Koshelev E., Tsymbalov S. et al. Assessment of Material and Intangible Motivation of Top Management in Regions Using Multipurpose Genetic Algorithm. *Proceedings of the International Conference Digital Age: Traditions, Modernity and Innovations (ICDATMI 2020)*, 2020, vol. 489, pp. 33–39. URL: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201212.009>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.