

13. Скрипко А.А. «Разработка пакета программ для автоматизированной системы замкнутого водоснабжения» С88 СТУ-ДЕНТ ГОДА 2021 : сборник статей II Международного учебно-исследовательского конкурса (15 декабря 2021 г.). В 6 частях. Часть 3. – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2021. – 501 с. : ил. – Коллектив авторов.

14. Скрипко А.А., Скрипко Л.П. «Решение агропромышленных проблем в тепличных хозяйствах» Международная студенческая научно-техническая конференция Астраханского государственного технического университета, 17-22 апреля 2023 года : материалы / Астраханский государственный технический университет. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2023. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: Microsoft Windows XP и выше. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

15. Барабанова Е.А., Вытовтов К.А., Гладких Т.Я., Мигачев А.Н. Экологический мониторинг загрязнений водной поверхности в видимом диапазоне с использованием бпла // Физические основы приборостроения. 2022. Т. 11. № 4 (46). С. 60-67.

© Л. П. Скрипко, А. А. Скрипко

Ссылка для цитирования:

Скрипко Л. П., Скрипко А. А. Автоматизированные системы управления в тепличных хозяйствах Астраханской области // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 137-142.

УДК 519.852

DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-142-145

АГРЕГИРОВАННЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЖИЛОГО ФОНДА РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. И. Носков, И. В. Овсянников

Носков Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск Российская Федерация, e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4097-2720>;

Овсянников Иван Владимирович, студент, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск Российская Федерация, e-mail: bidanocka@gmail.com

Данное исследование нацелено на разработку и усовершенствование методов агрегирования частных критериев, используемых для оценки состояния жилого фонда регионов Российской Федерации. В контексте задач векторной оптимизации, основанных, в частности, на построении линейной свертки этих критериев, рассматриваются способы формирования агрегированных критериев, позволяющих более объективно оценить эффективность формирования жилого фонда. Основными элементами подхода к формированию агрегированного критерия являются анализ характеристик ввода в эксплуатацию жилищных объектов и экспертные оценки. Это позволяет свести задачу агрегирования к задаче построения линейной свертки частных характеристик, реализация которой приводит к использованию методов линейного программирования. В работе также представлено описание специализированного программного обеспечения, разработанного для автоматизации процесса агрегирования критериев, которое способно выявлять возможную несовместимость экспертных оценок и предлагать при этом способы поиска решения задачи линейного программирования. Исследование ориентировано на анализ состояния жилищного фонда с целью поддержки управленческих решений и оптимизации используемых ресурсов.

Ключевые слова: векторная оптимизация, агрегирование частных критериев, линейная свертка, задача линейного программирования, многокритериальные задачи, автоматизация, квазирешение.

AGGREGATE CRITERION FOR ASSESSING THE CONDITION OF THE HOUSING STOCK OF THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

S. I. Noskov I. V. Ovsyannikov

Noskov Sergey Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Information Systems and Information Security", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4097-2720>;

Ovsyannikov Ivan Vladimirovich, student, Irkutsk State University of Transport, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: bidanocka@gmail.com

This paper is aimed at developing and improving methods for aggregating private criteria used to assess the state of the housing stock in the regions of the Russian Federation. In the context of vector optimization problems, based, in particular, on the construction of a linear convolution of these criteria, methods for forming aggregated criteria are considered that allow a more objective assessment of the efficiency of the formation of the housing stock. The main elements of the approach to the formation of aggregate criteria are the analysis of the characteristics of housing facilities and expert assessments. This allows us to reduce the aggregation problem to the problem of constructing a linear convolution of partial characteristics, the implementation of which leads to the use of linear programming methods. The work also presents specialized software developed to automate the process of aggregating criteria, which is capable of identifying possible inconsistencies in expert assessments and suggesting ways to find a solution to a linear programming problem if it is incompatible. The study is focused on analyzing the state of the housing stock in order to support management decisions and optimize the resources used.

Keywords: vector optimization, aggregation of partial criteria, linear convolution, linear programming methods, multicriteria problems, automation of analysis, quasi-solution.

Введение

Сфера жилищного строительства является неотъемлемой частью социальной инфраструктуры и играет важную роль в обеспечении

жилищных потребностей населения, в том числе в Российской Федерации. Эффективность управления этой сферой является ключевым фактором в обеспечении доступности качественного жилья и

улучшении жизни граждан. Для оценки эффективности формирования жилого фонда и принятия обоснованных управленческих решений в этой сфере необходимо применять качественные методы анализа. Международные исследования в области жилищного строительства и управления жилищным фондом часто используют математическое моделирование для анализа и прогнозирования различных аспектов жилищной политики и управления. Так, в работе [1] анализируются основные факторы, влияющие на цены на жилье, с использованием множественной линейной регрессии.

В рамках исследования создана модель для прогнозирования цен на жилье на основе данных о ценах на недвижимость в Бостоне. Исследование [2], проведенное в США, показало, что реальное увеличение стоимости жилья сильно зависит от роста населения, изменений в доходах, стоимости строительства и процентных ставок. Кроме того, увеличение стоимости акций оказывает сильное текущее и отложенное влияние на стоимость жилья. Исследование [3], проведенное в Сиднее, показывает, как важно анализировать разные районы города в контексте жилищного строительства. Оно демонстрирует, что изменение цен на жилье в районах с более низким уровнем благосостояния влияет на цены в более благополучных районах. Это исследование выделяет связь между ценами на жилье в разных частях города и их откликом на экономические изменения. В работе [4] производится попытка создания самоадаптирующейся к меняющейся экономической ситуации интеллектуальной системы сценарного прогнозирования рынков жилой недвижимости. Исследование [5], которое посвящено оценке справедливой стоимости жилья с использованием методов искусственных нейронных сетей, подчеркивает роль цифровизации и современных технологических подходов в этой сфере. Статья [6], посвященная пространственному анализу цен на жилье и динамике рынка с помощью географически взвешенной регрессии, иллюстрирует важность учета местных особенностей и географического положения при анализе рынка недвижимости.

Целью настоящего исследования является разработка агрегированного критерия, который бы учитывал разнообразные аспекты, влияющие на эффективность формирования жилищной инфраструктуры. Такой критерий позволяет оценивать эффективность функционирования системы одним числом. Для достижения данной цели в исследовании используются различные входные данные, включая количество построенных квартир, размеры жилья, площадь муниципального жилищного фонда, и другие важные параметры. Агрегирование этих критериев позволит создать более полную картину об эффективности жилищной инфраструктуры и поможет принимать обоснованные решения в сфере жилищного строительства и управления жилищным фондом.

Основная часть

В качестве объектов исследования были выделены восемь регионов Российской Федерации, для которых из официальных источников [7–8] была

собрана статистическая информация за 2022 год, описывающая показатели региона в сфере формирования жилого фонда:

- x_1 – количество построенных квартир (шт.);
- x_2 – средний размер построенных квартир (m^2);
- x_3 – общая площадь жилых помещений муниципального жилищного фонда (тыс. m^2);
- x_4 – средний размер квартир в построенных населением жилых домах (m^2);
- x_5 – общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя (m^2);
- x_6 – введено в действие общей площади жилых домов (тыс. m^2);
- x_7 – количество квартир в построенных населением жилых домах (шт.).

При попытке оценить эффективность каждого региона в отдельности возникает проблема, связанная с тем, что одновременная оценка обобщенной эффективности различных регионов на основе этих семи показателей едва ли возможна. Различные регионы могут иметь разные сильные и слабые стороны, и один регион может быть лучше по одному показателю, в то время как другой – по другому и т. д. Другими словами, регионы «несравнимы» по векторному критерию. Это создает сложности при упорядочении регионов по эффективности и ограничивает возможности для выявления приоритетных направлений в управлении жилищным фондом в разных регионах России.

Тем не менее, используя информационно-вычислительную методологию [9], основанную на математических принципах принятия решений, можно анализировать и объединять разные показатели, отражающие эффективность различных систем. Эта методология позволяет рассчитывать комплексные оценки, представленные одним числом. Более того, она также способствует проверке и учету приемлемости или степени приемлемости значений этих показателей, что способствует более глубокому анализу эффективности формирования жилищного фонда и улучшению процесса принятия управленческих решений в данной сфере. Такой обобщенный показатель делает возможным сравнивать и упорядочивать регионы по степени эффективности.

Методологически процесс построения линейной свертки частных критериев базируется на двух ключевых аспектах: информации о самих объектах и субъективных сравнительных экспертных оценках, что позволяет свести задачу агрегирования информации к задаче линейного программирования.

Формула представления линейной свертки частных критериев эффективности имеет вид:

$$R(x) = \sum_{i=1}^7 \beta_i x_i, \quad (1)$$

где $\beta > 0$, $i = \overline{1,7}$, – весовые коэффициенты, определяющие, насколько сильно частный критерий с номером i влияет на агрегированную оценку.

В таблице 1 приведены данные о состоянии жилого фонда восьми регионов России: Иркутской, Омской, Новосибирской и Тюменской областей, Красноярского, Алтайского и Забайкальского краев, Республики Саха.

К процессу построения свертки (1) была привлечена группа высококвалифицированных

экспертов, которые, основываясь на своем многолетнем опыте работы со статическими данными в данной сфере, и проанализировав информацию таблице 1, составили матрицу парных сравнений

$D = \left\| |d_{ij}| \right\|, i, j = \overline{1,8}$ эффективности регионов в области жилищного строительства (табл. 2).

Таблица 1

Показатели состояния жилого фонда регионов России в 2022 году

Регион РФ	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Иркутская область	14625	73	3605,08	107,3	26,25	407,1	43
Новосибирская область	31588,99	63,1	2750,07	127,2	26,11	1348,2	39
Красноярский край	19768	64,4	4100,05	92,2	25,3	835,3	65
Алтайский край	11974	67,9	1155,23	84,1	24,1	448,9	36
Республика Саха	8733	60	2105,35	84,5	22,9	172,8	25
Забайкальский край	3114	83,1	2261,25	99,9	22,04	57,1	15
Омская область	7790,99	76,7	1182,68	149	25,16	258,7	53
Тюменская область	47728	64,9	5826,79	97,7	24,03	2028,7	161

Таблица 2

Матрица парных сравнений эффективности регионов в области жилищного строительства

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	-1	1	-1	-1	-1	1	1
2	1	0	1	-1	-1	-1	1	1
3	-1	-1	0	-1	-1	1	1	-1
4	1	1	1	0	-1	-1	1	1
5	1	1	1	1	0	-1	1	1
6	1	1	-1	1	1	0	1	1
7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
8	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	0

Примечание: $d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если состояние жилого фонда } i - \text{го региона в целом лучше } j - \text{го} \\ -1, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Ранее уже были предприняты попытки разработки программных решений в этой области. Так, было создано программное обеспечение для автоматизации процесса агрегирования частных критериев с использованием алгоритма построения свертки [10]. При всех своих достоинствах эта программа детально не информирует пользователя о противоречивых экспертных высказываниях и степени этой противоречивости (уровне несовместности соответствующих систем линейных ограничений). В данной работе представлено краткое описание программы, позволяющей обеспечить такую возможность с помощью использования алгоритмических средств, описанных в работе [11].

Соответствующая специализированная программа разработана на языке программирования C с использованием библиотеки LpSolve, которая распространяется по свободной лицензии. Программа позволяет рассчитать коэффициенты $\beta_i, i = 1, 7$ свертки (1), а также произвести учет непротиворечивости экспертных высказываний и выявить степень этой противоречивости.

Главное окно программы представлено на рисунке.

Исходными данными для программы, необходимыми для построения линейной свертки частных критериев эффективности, являются:

- матрица частных критериев эффективности (табл. 1);
- матрица парных сравнений объектов, построенная на основе высказываний экспертов в данной области (табл. 2).

Матрицы хранятся под управлением операционной системы в виде текстовых файлов формата *txt*. Модифицировать матрицы после их загрузки нельзя, это обусловлено тем, что матрицы могут иметь большую размерность.

В случае, если невозможно найти точное решение задачи, программа сообщит об этом в информационном окне. В этом случае следует искать квази-решение сформированной задачи линейного программирования, для этого необходимо установить галочку в поле «Квази-решение», после чего нажать на кнопку «Рассчитать» повторно. Результат расчета выводится в информационное окно пользователя. Он включает в себя:

- весовые коэффициенты для построения агрегированного критерия;
- значения свертки для каждого объекта, а также максимальное и минимальное значение свертки для всей совокупности объектов.

В случае противоречивости экспертных высказываний в расчет добавляются:

- пары соответствующих объектов;
- степень противоречивости для них экспертных оценок.

Полученные результаты приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Коэффициенты свертки

Частный показатель	Коэффициент
x_1	0.000055
x_2	0.546
x_3	0.0003
x_4	0.009
x_5	1.627
x_6	0.001
x_7	0.018

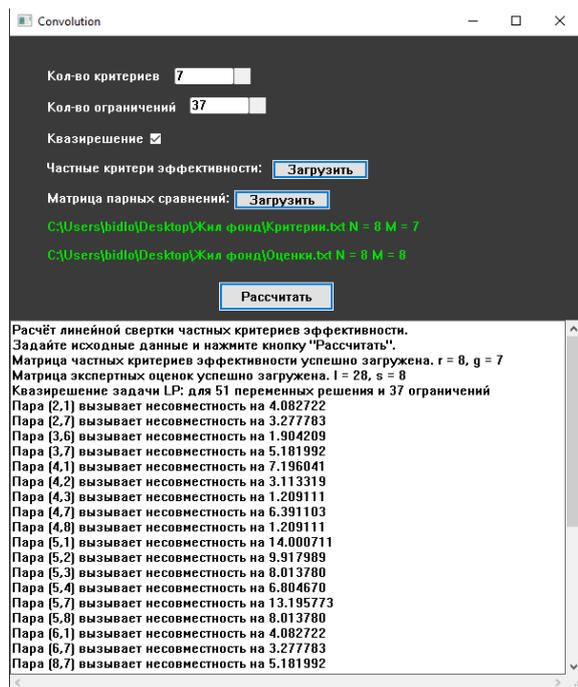


Рис. 1. Главное окно программы

На основе полученных данных можно упорядочить регионы по убыванию степени эффективности формирования системы жилого фонда в 2022 году следующим образом: Омская область (93.15 баллов), Тюменская область (92.71 баллов), Забайкальский край (89.31 баллов), Иркутская область (87.60 баллов), Новосибирская область (84.69 баллов), Красноярский край (84.48 баллов), Алтайский край (83.14 баллов), Республика Саха (77.51 баллов). Регулярное получение подобной информации с ежегодной периодичностью может значительно расширить информационную базу для управления жилищным фондом. Эта информация может стать ценным ресурсом для руководства в процессе принятия широкого круга управленческих решений, включая вопросы кадровой политики и развития жилищного сектора.

Важно отметить, что формирование таблицы 2, основанной на парных сравнениях, представляет собой сложную задачу для экспертов, поскольку оценка производится по большому количеству факторов. Поэтому необходимо относиться к информации, предоставленной экспертами, с известной осторожностью и учитывать возможные неточности.

Заключение

В работе рассмотрен алгоритмический способ построения линейной свертки частных критериев эффективности в формировании жилого фонда ряда регионов России, а также описана соответствующая специализированная программы. Она позволяет не только рассчитывать коэффициенты свертки, но и проводить анализ возможной противоречивости сравнительных экспертных оценок. Данное исследование имеет практическую значимость, поскольку его результаты могут быть использованы органами управления, региональными властями и заинтересованными сторонами при формировании стратегий развития жилищной инфраструктуры и улучшения жилищных условий для населения.

Таблица 4

Агрегированная оценка регионов в сфере формирования жилого фонда

Регион	Оценка
Иркутская область	87.60
Новосибирская область	84.69
Красноярский край	84.48
Алтайский край	83.14
Республика Саха	77.51
Забайкальский край	89.31
Омская область	93.15
Тюменская область	92.71

Список литературы

- Zhang Q. Housing price prediction based on multiple linear regression // Sci. Prog. 2021. 7678931.
- Jud G. Donald, Winkler Daniel T. The Dynamics of Metropolitan Housing Prices // Journal of Real Estate Research. 2002. Pp. 29-46.
- Mustapha B., Lee Chyi Lin. House price diffusion of housing submarkets in Greater Sydney // Housing Studies. DOI: 10.1080/02673037.2019.1648772.
- Ясницкий Л. Н., Ясницкий В. Л., Алексеев А. О. Моделирование рынков жилой недвижимости крупнейших городов России // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 609-622.
- Doğan O. The Importance of Digitization in Estimating Housing Fair Value with the Artificial Neural Networks Method: The Case of Yenimahalle/Ankara/Turkey // Journal of Brilliant Engineering. 2023. Vol. 1. DOI:10.36937/ben.2023.4768.
- Cellmer R., Cichulska A., Belej M. Spatial Analysis of Housing Prices and Market Activity with the Geographically Weighted Regression // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2020. Т. 9, № 6. P. 380. DOI:10.3390/ijgi9060380.
- Витрина статистических данных статистики [Электронный ресурс] - URL: <https://showdata.gks.ru/finder/> (дата обращения: 20.11.2023).
- Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] - URL: <https://rosstat.gov.ru/statistic> (дата обращения: 20.11.2023).
- Носков С.И., Базилевский М.П., Трофимов Ю.А., Буяннэмэх А. Агрегированный Критерий Оценки Эффективности функционирования участков Улан-Баторской железной дороги // Южно-Сибирский научный вестник, 2018, № 5(39), С. 159-164.
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615930 Российская Федерация. Программа автоматизации процесса агрегирования частных критериев: № 2016613102: заявл. 05.04.2016; опубл. 02.06.2016 / М. П. Базилевский, С. И. Носков; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ИрГУПС).
- Носков С.И. Технология моделирования объектов с нестабильным функционированием и неопределенностью в данных. // Иркутск: Облформпечать, 1996. 320 с.

© С. И. Носков, И. В. Овсянников

Ссылка для цитирования:

Носков С. И., Овсянников И. В. Агрегированный критерий оценки состояния жилого фонда регионов Российской Федерации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 142–145.