

5. Ильясова Г. О. Значение мониторинга и оценки знаний в повышении качества обучения / Г. О. Ильясова // Молодой ученый. – 2020. – № 7(297). – С. 335-337.
6. Парамонова М. Ю. Оценка образовательных результатов в компетентностно-деятельностной модели подготовки кадров в вузе для системы дошкольного образования / М. Ю. Парамонова // Педагогическое образование и наука. – 2019. – № 6. – С. 33-38.
7. Пономарчук Н. В. Мониторинг качества обучения в современной системе образования / Н. В. Пономарчук, К. К. Капшукова, Е. А. Васильченко // Символ науки: международный научный журнал. – 2020. – № 7. – С. 56-59.
8. Овчинникова И.И. Управление качеством обучения в образовательных учреждениях / И. И. Овчинникова, М. В. Луць, А. П. Голубев, А. В. Тишечкин // Образование. Наука. карьера: сборник научных статей 2-й Международной научно-методической конференции, Курск, 22 января 2019 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – С. 64-67.
9. Чепурная М. Н. Рейтинговая система оценивания результатов обучения как средство повышения качества профессионального образования / М. Н. Чепурная // Инновационная наука. – 2021. – № 10-1. – С. 60-62.
10. Tauscher, E. Research-oriented teaching at the chair of computing in civil engineering / E. Tauscher, H. Kirschke, K. Smarsly // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2014. – No 1(7). – P. 98-102.
11. Барыктабасов К. К. Использование систем moodle и google forms в процессе оценивания знаний в дистантном обучении / К. К. Барыктабасов, Ч. Н. Жумабаева, У. Н. Бримкулов // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Разакова. – 2021. – № 3(59). – С. 30-36.
12. Никандров А. А. Организация тестирования и анализа данных в LMS Moodle / А. А. Никандров // Дистанционное обучение в высшем образовании: опыт, проблемы и перспективы развития : XIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, Санкт-Петербург, 21 апреля 2020 года / научный редактор Л. В. Путькина, заведующая кафедрой информатики и математики СПбГУП, кандидат технических наук, профессор СПбГУП. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский Гуманитарный университет профсоюзов, 2020. – С. 134-135.
13. Документация по семейству продуктов Visual Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/?view=vs-2022>
14. Пасюкова Е. А. Обзор технических средств разработки графического интерфейса на языке программирования C# / Е. А. Пасюкова // Постулат. – 2021. – № 2(64).
15. Windows form или WPF / Ф. В. Патюченко, И. С. Слащев, А. В. Клименко, Л. А. Трегубенко // Modern Science. – 2019. – № 7-2. – С. 318-320.
16. Примеры шаблонов элементов управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://professorweb.ru/my/WPF/Template/level17/17_13.php
17. Руководство по WPF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/wpf/>

© А. Н. Тарков, С. В. Окладникова

Ссылка для цитирования:

Тарков А. Н., Окладникова С. В. Программный модуль формирования банка тестовых материалов для оценки сформированности компетенций обучающихся по программам основных образовательных программ // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 117–122.

УДК 519.862.6

DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-122-126

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОЙ СОГЛАСОВАННОСТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОФАКТОРНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ВВОДА ЖИЛЬЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

С. И. Носков, Ю. А. Бычков

Носков Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и защиты информации, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, тел.: +7(914)902-24-94; e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru;

Бычков Юрий Александрович, аспирант, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, тел.: +7(924)708-66-34; e-mail: bychkov_ya@internet.ru

В работе приведен краткий обзор публикаций по применению методов математического моделирования для анализа жилищного строительства на государственном и региональном уровнях. В качестве подхода к построению регрессионной модели ввода жилых домов на региональном уровне применена непрерывная форма метода максимальной согласованности между наблюдаемыми и расчетными значениями зависимой переменной. Построены две альтернативных регрессионных модели ввода жилых домов в Иркутской области. На основе использования принятых критериев адекватности выбрана модель, в состав независимых переменной которой входят факторы: численность населения в области, среднедушевые денежные доходы (в месяц), инвестиции в основной капитал. Модель может эффективно применяться для решения широкого круга практических задач, в том числе прогнозного и аналитического характера.

Ключевые слова: математическое моделирование, ввод жилых домов, регрессионная модель, метод максимальной согласованности, критерии адекватности.

APPLICATION OF THE METHOD OF MAXIMUM CONSISTENCY FOR CONSTRUCTION OF A MULTI-FACTORY REGRESSION MODEL OF INTRODUCTION OF HOUSING AT THE REGIONAL LEVEL

S. I. Noskov, Yu. A. Bychkov

Noskov Sergey Ivanovich, Doctor of Engineering, Professor of the Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, Russian Federation, phone: +7(914)902-24-94; e-mail: sergey.noskov.57@mail.ru;

Bychkov Yuriy Aleksandrovich, Post-graduate student, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, Russian Federation, phone: +7(924)708-66-34; e-mail: bychkov_ya@internet.ru

The paper provides a brief overview of publications on the application of mathematical modeling methods for the analysis of housing construction at the state and regional levels. As an approach to building a regression model for the commissioning of residential buildings at the regional level, a continuous form of the maximum consistency method between the observed and calculated values of the dependent variable was used. Two alternative regression models for the commissioning of residential buildings in the Irkutsk region have been built. Based on the use of the accepted adequacy criteria, a model was chosen, the independent variable of which includes factors: population in the region, average per capita cash income (per month), investments in fixed assets. The model can be effectively used to solve a wide range of practical problems, including predictive and analytical ones.

Keywords: *mathematical modeling, commissioning of residential buildings, regression model, maximum consistency method, adequacy criteria.*

Введение

Рынок жилья – это один из наиболее динамично развивающихся сегментов рынка недвижимости. Под недвижимостью будем понимать различные объекты, которые непосредственно связаны с землей, в том числе сооружения и здания жилого и нежилого назначения. Уровень востребованность жилищного фонда демонстрирует привлекательность и отражает качество жизни в регионе. Так, в [1] рассматривается жилищный сектор как значимый фактор в определении уровня жизни населения города Улан-Удэ. Отмечается, что жилая недвижимость [2] как класс активов – один из самых распространенных инструментов для вложения денежных средств. Об этом свидетельствует высокое процентное соотношение деятельности по операциям с недвижимым имуществом к общему объему инвестиций в основной капитал [3]. Видимо, по этой причине, большое количество научных работ посвящено исследованию закономерностей развития рассматриваемой сферы, в том с помощью подходов, основанных на применении методов математического моделирования. Так, в работе [4] авторами представлена экономико-математическая модель жилищного строительства Ижевской области. Описан процесс формирования структуры жилищного строительства как комплексная система, зависящая от градостроительных, демографических, социальных и экономических факторов. Рассмотрена оптимальная структура жилищного строительства при минимальных затратах строительных организаций на создание жилищного фонда, что позволяет максимально удовлетворить потребности населения в жилье с учетом демографических факторов. Интерес вызывает работа [5], в которой сравниваются результаты массовой оценки жилой недвижимости, полученные с помощью нейросетевого моделирования и методов системно-когнитивного анализа. По мнению автора, такие методы моделирования в полной мере соответствуют методологии дискретного пространственно-параметрического моделирования рынка недвижимости. В статье [6] выявлены и систематизированы, в виде матрицы факторы, оказывающие наибольшее влияние на стоимость жилой недвижимости, проведено всестороннее их исследование при помощи экономико-математических методов. Авторы

делают вывод, что применение экономико-математических методов при анализе рынка жилой недвижимости в достаточной степени обеспечивает руководство государственных органов и девелоперские компании информацией для принятия управленческих решений, направленных на повышение доступности жилой недвижимости для населения страны.

В работах [7–9] рассматриваются вопросы моделирования стоимости жилья на вторичном рынке различных городов и субъектов Российской Федерации. В статье [7] автор строит многофакторную и несколько однофакторных моделей и оценивает их статистические характеристики, демонстрирует результаты экономико-математического моделирования стоимости объекта жилой недвижимости на вторичном рынке. В [8] проводится моделирование стоимости жилья на вторичном рынке в г. Оренбурге с учётом неоднородности объектов продажи как в пространстве, так и во времени. Для решения этой проблемы используется универсальный статистический программный пакет «Stata». На основе модели географически взвешенной регрессии рынка жилья Оренбургской области в [9] исследуется зависимость стоимости вторичного жилья от различных факторов спроса. Автором сделан вывод о наличии пространственных закономерностей связи стоимости жилья с расстоянием от областного центра, плотностью населения и заработной платой. В работе [10] математический аппарат применен для построения функции риска колебания цен на рынке первичной жилой недвижимости, а также для построения кусочно-линейно регрессионной модели. В [11] построено несколько дискретных моделей авторегрессионного типа. Адекватность построенных моделей оценена при помощи базовых критериев, таких как: критерий множественной детерминации, средняя относительная ошибка аппроксимации и обобщенный критерий согласованного поведения. В результате выбрана модель, построенная с помощью метода наименьших модулей.

Иркутская область – субъект Российской Федерации в юго-восточной части Сибирского федерального округа. Считается одним из наиболее населенных областей Сибири. Ее площадь примерно составляет 4,52 % территории России и равняется 774 846 км². Она занимает одно из лидирующих позиций среди регионов Сибирского

федерального округа по важнейшим макроэкономическим показателям: валовому региональному продукту, прибыльности предприятий, налоговой отдаче, инвестициям в основной капитал [12]. Область в общероссийском производстве обеспечивает 6,5 % производства электроэнергии, 15 % вывоза деловой древесины, 6 % добычи угля, почти 20 % общероссийского производства целлюлозы, более 10 % картона, перерабатывается около 9 % нефти [13]. С 2012 г. в области сформировалась новая отрасль промышленности – «нефтедобыча», активно развивается фармацевтическая отрасль, ориентированная не только на выпуск готовых лекарств, но и производство активных фармацевтических субстанций.

Сектор недвижимости в экономике Иркутской области занимает ключевое положение. Это обусловлено важностью удовлетворения базовых потребностей жителей области в жилых и нежилых помещениях.

Цель настоящей работы состоит в построении математической модели регрессионного типа ввода жилья в Иркутской области с применением оригинального метода максимальной согласованности в его непрерывной форме. Реализация этой цели требует, в частности, оценивания неизвестных параметров модели с учетом ее альтернативности, а также расчета значений используемых критериев адекватности. Актуальность этой проблемы вызвана существенным влиянием состояния жилищной сферы на общий уровень социально-экономического развития области.

Оценивание параметров модели ввода жилья в Иркутской области методом максимальной согласованности в его непрерывной форме

Рассмотрим в качестве базовой при моделировании жилищной сферы Иркутской области следующую линейную регрессионную модель:

$$y_k = \sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ki} + \varepsilon_k, k = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где y – зависимая переменная, $x_i, i = \overline{1, m}$ – независимые переменные, α_i – i -ый подлежащий оцениванию параметр, ε_k – ошибки аппроксимации, k – номер наблюдения, n – их число (длина выборки).

Модель (1) можно представить в виде:

$$y_k = \hat{y}_k + \varepsilon_k, k = \overline{1, n},$$

где y_k и \hat{y}_k – соответственно фактические (наблюдаемые) и расчетные (вычисленные по модели) значения зависимой переменной y .

Рассмотрим ситуацию, описанную в работе [14]. Допустим, после построения модели (1) для произвольных номеров наблюдений s и h обрабатываемой выборки становится справедливым неравенство:

$$(y_s - y_h)(\hat{y}_s - \hat{y}_h) < 0.$$

Подобная ситуация означает, что на паре номеров наблюдений (s, h) модель (1) неудовлетворительно описывает исследуемый процесс, что не может быть компенсировано малостью величин $|\varepsilon_s|$, и $|\varepsilon_h|$. Подобное обстоятельство

негативно влияет на результат исследования, особенно тогда, когда с помощью модели анализируются динамические процессы. Формализуются такие ситуации с помощью подробно описанного в работах [15, 16] критерия согласованности поведения (КСП). В работе [17] предложена непрерывная форма КСП (НКСП), состоящая в решении задачи оптимизации:

$$\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{s=k+1}^n l_{ks} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где

$$l_{ks} = \begin{cases} |\hat{y}_k - \hat{y}_s|, & (y_k - y_s)(\hat{y}_k - \hat{y}_s) < 0 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

При этом в [15] показано, что задача (2) в рамках непрерывной формы метода максимальной согласованности (НММС) сводится к задаче линейного программирования.

Введем следующие обозначения:

- y – ввод жилых домов, тыс. м²;
- x_1 – численность населения (оценка на конец года), тыс. человек;
- x_2 – среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб.;
- x_3 – инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах), млн руб.;
- x_4 – грузооборот автомобильного транспорта, млн т.×км.

В качестве информационной базы, для проведения анализа статистических данных и построения математических моделей воспользуемся сведениями по Иркутской области за период с 1995 по 2020 г., размещенными на официальном портале Федеральной службы государственной статистики (табл. 1) [18].

В качестве альтернативных моделей ввода в действие жилых домов в Иркутской области и достижения при этом возможно более широкой вариативности будем с помощью НММС строить две трехфакторных модели со свободным членом:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_2 + \alpha_2 x_3 + \alpha_3 x_4, \quad (3)$$

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3. \quad (4)$$

Целесообразно для сравнения получившихся результатов моделирования воспользоваться следующими критериями адекватности:

$M = \sum_{k=1}^n |\varepsilon_k|$ – показатель точности модели в соответствии с методом наименьших модулей (МНМ);

$L = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{s=k+1}^n l_{ks}$ – показатель точности модели в соответствии с НММС;

Оценки параметров математических моделей (3) и (4) имеют соответственно вид:

$$\alpha_0 = -370.91, \alpha_1 = 0.0013, \alpha_2 = 0.017, \alpha_3 = 0.053, M = 2670.71, L = 1052.89,$$

$$\alpha_0 = -4511.54, \alpha_1 = 1.76, \alpha_2 = 0.052, \alpha_3 = 0.0066, M = 1518.60; L = 729.74.$$

На рисунке приведены фактические и расчетные для моделей (3) и (4) значения зависимой переменной y .

Таблица 1

Исходные данные

Год	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1995	553,0	2727,4	593,0	3895,0	11426,0
1996	400,0	2708,2	832,8	3028,0	11697,0
1997	246,0	2686,3	1013,4	3046,0	11813,0
1998	231,0	2667,9	1081,6	1977,0	11929,0
1999	296,0	2644,0	1766,8	2144,0	12049,0
2000	186,0	2623,2	2374,2	2111,0	12151,0
2001	183,0	2599,6	2879,5	2521,0	12272,0
2002	231,0	2577,7	3609,9	2587,0	12308,0
2003	216,0	2560,9	4549,6	3311,0	12319,0
2004	267,0	2545,3	5418,6	3614,0	12304,0
2005	303,0	2527,0	7040,9	2674,0	12341,0
2006	331,0	2513,8	8684,0	2240,0	12394,0
2007	575,0	2507,7	10078,1	2244,0	12398,0
2008	585,0	2505,6	12881,6	2365,0	12409,0
2009	602,0	2502,7	13511,4	2803,0	12425,0
2010	628,0	2428,0	15110,0	2554,0	12456,0
2011	755,0	2424,4	16017,0	3533,0	15540,0
2012	871,0	2422,0	17820,0	3018,0	21893,0
2013	973,0	2418,3	19425,0	2267,0	22350,0
2014	836,0	2414,9	20224,0	2248,0	22724,0
2015	923,0	2412,8	21753,0	2511,0	23218,0
2016	913,0	2408,9	22510,0	2703,0	23339,0
2017	974,0	2404,2	23507,0	2381,0	23905,0
2018	988,0	2397,7	24434,0	2422,0	24476,0
2019	1024,0	2391,2	26306,0	2419,0	24406,0
2020	1 06,0	2375,0	27571,0	2305,0	24540,0

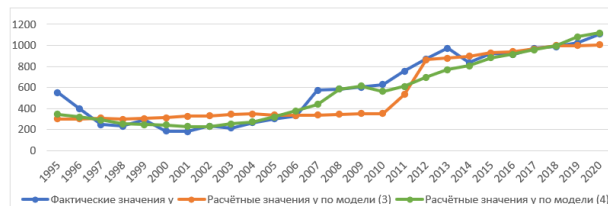


Рис. Графики расчётных и фактических значений зависимой переменной

Как следует из анализа значений используемых критериев адекватности, модель (4) лучше описывает объект анализа. Ее необходимо применять для решения различных практических задач, в том числе прогнозного характера.

Значения коэффициентов модели (4) позволяют выявить фактор, в наибольшей степени

влияющий на ввод жилых домов – это численность населения. При этом значимость показателя «среднедушевые денежные доходы» меньше более чем в два раза.

Заключение

В работе с помощью непрерывной формы метода максимальной согласованности построены две альтернативных регрессионных модели ввода жилых домов в Иркутской области. На основе использования принятых критериев адекватности выбрана модель, в состав независимых переменной которой входят факторы: численность населения в области, среднедушевые денежные доходы (в месяц), инвестиции в основной капитал. Модель может эффективно применяться для решения широкого круга практических задач, в том числе прогнозного характера.

Список литературы

1. Алексеева Т. Н. Рынок недвижимости г. Улан-Удэ: тенденции развития / Т. Н. Алексеева // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 98-104. – DOI 10.21209/2227-9245-2017-23-3-98-104.
2. Бычков Ю. А. Сохранение и увеличение малого частного капитала путем вложения в финансовые инструменты фондового рынка Российской Федерации / Ю.А. Бычков // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15. – № 7. – С. 3041-3060. – DOI 10.18334/ce.15.7.112327.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistic>
4. Захарова, В.В. Формирование экономико-математической модели жилищного строительства в регионе / В. В. Захарова, К. В. Тарануха, Н. Л. Тарануха // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2014. – № 2(62). – С. 90-94.
5. Алексеева, И.Е. Сравнительный анализ результатов массовой оценки жилой недвижимости с помощью нейросетевого моделирования и системно-когнитивного анализа / И. Е. Алексеева, В. Л. Ясницкий // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019 : Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019, Москва, 17–20 июня 2019 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 1989-1994. – DOI 10.25728/vspu.2019.1989.
6. Сироткин, В.А. Роль многофакторного моделирования в оценке стоимости жилой недвижимости и прогнозировании потребительского спроса / В. А. Сироткин, В. С. Желенкова, О. С. Кожевникова, А. М. Чикурова // Жилищные стратегии. – 2019. – Т. 6. – № 3. – С. 321-332. – DOI 10.18334/zhs.6.3.40964.
7. Нестерова, С.И. Моделирование оценки прогнозной стоимости жилой недвижимости на вторичном рынке (на примере Г.О. Самара) / С. И. Нестерова // Вестник Международного института рынка. – 2017. – № 1. – С. 36-42.
8. Реннер, А.Г. Моделирование стоимости жилья на вторичном рынке жилья / А. Г. Реннер, О. И. Стебунова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 10-1(48). – С. 179-182.

9. Седова, Е.Н. Моделирование стоимости вторичного жилья на региональном рынке: пространственный подход / Е. Н. Седова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 14(175). – С. 458-464.
10. Носков С.И. Применение функции риска для модельного описания колебания цен на рынке недвижимости / С. И. Носков, А. А. Хоняков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3(37). – С. 77-82. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-77-82.
11. Носков, С.И. Дискретная модель жилищного строительства в Российской Федерации / С. И. Носков, А. А. Бутин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 2(36). – С. 87-89. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-36-2-87-89.
12. Федеральное агентство по туризму [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tourism.gov.ru/regions/?fedok=&freg=243>.
13. Иркутская область: официальный портал [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://irkobl.ru/region/>.
14. Носков, С.И. Метод максимальной согласованности в регрессионном анализе / С. И. Носков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 10. – С. 380-385. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-10-380-386.
15. Носков, С.И. Обобщенный критерий согласованности поведения в регрессионном анализе / С. И. Носков // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2018. – № 1(1). – С. 14-20.
16. Носков, С.И. Оценка параметров линейной регрессии посредством максимизации числа совпадений знаков приращений фактических и расчетных значений зависимой переменной / С. И. Носков // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2021. – № 2(10). – С. 109-111. – DOI 10.26731/2658-3704.2021.2(10).109-111.
17. Носков, С.И. Применение непрерывного критерия согласованности поведения при построении регрессионных моделей / С. И. Носков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 6. – С. 74-78. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-6-74-78.
18. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13205>.

© С. И. Носков, Ю. А. Бычков

Ссылка для цитирования:

Носков С. И., Бычков Ю. А. Применение метода максимальной согласованности для построения многофакторной регрессионной модели ввода жилья на региональном уровне // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 2 (40). С. 122-126.

УДК 004.94:004.92:69:72:004

DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-2-126-130

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GRASSHOPPER, RHINO И ARCHICAD

К. А. Шумилов, Ю. А. Гурьева

Шумилов Константин Августович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел. +7(931)224-89-50; e-mail: shkas@mail.ru;

Гурьева Юлиана Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7-921-367-44-75; e-mail: Yual2017@mail.ru

В статье представлены результаты исследования возможностей использования связки Grasshopper-Rhino-Archicad для моделирования сложных архитектурных форм при BIM-проектировании на примере нескольких объектов, таких, как Параметрическая кирпичная стена, Малая архитектурная форма, Беседка. Произведён подбор наиболее подходящих узлов (нодов), модификаторов и их связок для каждого из рассматриваемых сложных архитектурных объектов. Представлены наиболее рациональные и оптимизированные скрипты для параметрического моделирования представленных в качестве примеров объектов. Приведены фрагменты этих скриптов с подробным описанием логики и функционала их построения. Кратко описаны возможности основных программ для визуального (параметрического) программирования, взаимодействующие с платформами Nemetschek (PARAM-O и Rhino-Grasshopper для Graphisoft ArchiCAD) и Dynamo для Autodesk Revit.

Ключевые слова: BIM, параметрическое программирование, PARAM-O, Rhinoceros, Grasshopper, ArchiCAD, Dynamo, Revit.

MODELING COMPLEX ARCHITECTURAL OBJECTS USING GRASSHOPPER, RHINO AND ARCHICAD

K. A. Shumilov, Yu. A. Guryeva

Shumilov Konstantin Avgustovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Information Technologies, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7(931)224-89-50; e-mail: shkas@mail.ru;

Guryeva Yuliana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7-921-367-44-75; e-mail: Yual2017@mail.ru

The article presents the results of a study of the possibility of using the Grasshopper-Rhino-Archicad bundle for modeling complex architectural forms in BIM design using the example of the objects presented in the article. The selection of the most suitable modifiers and their bindings for each of the considered complex architectural objects is made. The most rational and optimal scripts for their parametric modeling are presented. Fragments of these scripts with a detailed description of their construction are given. The capabilities of the main programs for visual (parametric) programming (PARAM-O and Rhino-Grasshopper for Graphisoft ArchiCAD, Dynamo for Autodesk Revit) are briefly described.

Keywords: BIM, parametric programming, PARAM-O, Rhinoceros, Grasshopper, ArchiCAD, Dynamo, Revit.