

УДК 519.85

М.В. Новожилова, Е.С. Бондаренко

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ ИНВЕСТОРА В ЗАДАЧЕ ВЫБОРА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ

Предложена динамическая функция полезности инвестора, принимающего решения на рынке недвижимости, как инструментальной оценки альтернатив возможного функционального назначения продукта проекта девелопмента. Структурная идентификация функции полезности проведена с использованием аксиоматики теории выбора в условиях риска. Параметрическая идентификация основана на применении статистической информации о динамике реализации недвижимости, оценок альтернативных вариантов функционального зонирования территории города, а также методики лотереи и детерминированного эквивалента

Ключевые слова: динамическая функция полезности, проект девелопмента, функциональное назначение, оптимизационная задача потребителя.

Введение

В современных условиях высокого динамизма национальной экономики уровень и вероятность реализации рисков, генерируемых как внешней, так и внутренней средой инвестиционно-строительных проектов, в частности, проектов девелопмента, чрезвычайно высоки.

Осуществление проекта девелопмента, как и инвестиционно-строительного проекта в целом, характеризуется рядом принципиально важных свойств, среди которых протяженность выполнения во времени, значительные капиталовложения на ранних этапах строительства, необходимость учета многих характеристик текущего современного состояния городской среды, ее ограниченность, динамичность и неопределенность внешнего окружения проекта, неустойчивость спроса.

Эти и другие специфические особенности проекта девелопмента повышают сложность исполнения проекта и вызывают необходимость дальнейшего развития и практической реализации механизмов повышения эффективности проектов девелопмента на основе организации автоматизированной среды поддержки принятия решений по выбору перспективного функционального назначения продукта проекта девелопмента (ППД) – объекта недвижимости. В рамках такой программной среды необходимо также обеспечить возможность обработки больших массивов слабоформализованной информации, в том числе опыта и знаний ЛПР, представляемых его функцией полезности.

Возможность реализации ППД на ранних стадиях строительства, длительный срок строительства как такового означают, что проблема структурной и параметрической идентификации динамической функ-

ции полезности инвестора в задаче выбора функционального назначения ППД является актуальной.

Анализ предыдущих исследований. Различные аспекты проблемы создания теоретического фундамента выбора эффективного функционального назначения ППД, выполняемого на прединвестиционной стадии проекта, рассматривались в ряде научных публикаций [1 – 3].

В настоящей работе под продуктом проекта девелопмента – объектом S недвижимости, следуя [4], понимается собственно комплекс зданий и сооружений, объединенный определенным функциональным назначением, земельный участок, законодательно закрепленный за объектом недвижимости, а также выделенный локальный район, имеющий свои социально-экономические характеристики и характеристики рынка недвижимости.

В работе [1] понятие полезности объекта недвижимости рассмотрено на концептуальном уровне, предложен вид функции полезности ЛПР на рынке недвижимости как функции стоимостного и временного параметра. Однако практическое применение данного подхода предполагает проведение дополнительных исследований по идентификации экзогенных параметров предложенной функции полезности.

В работе [3] предложен метод оценки соответствия возможного функционального назначения будущего ППД характеристикам рассматриваемой городской территории с учетом значений функций спроса на данный тип недвижимости. Статья [5] посвящена изучению свойств объекта недвижимости, которые определяют его назначение, задающее основную функцию, выполняемую объектом в условиях его взаимодействия с городской средой. Эти исследования поведены в предположении, что бу-

дущий проект будет реализован в детерминированной внешней среде (риск невыполнения проекта не принимался во внимание). При этом уровень богатства инвестора и его отношение к риску не учитывались, вследствие чего система предпочтений инвестора в явном виде не строилась.

В этих и других публикациях практически не рассматриваются прикладные аспекты моделирования структуры экзогенных параметров функции полезности инвестора как основного участника процесса создания ППД, а также вопросы определения возможных диапазонов изменения этих параметров, что обуславливает актуальность данного исследования.

Формулирование цели статьи. Продукт проекта девелопмента представляет собой земельное улучшение, которое аккумулирует потенциальный доход и добавочную стоимость объекта недвижимости в сравнении с рыночной стоимостью земли. Наличие множества альтернатив возможного развития территории, соответствующих тому или иному типу функционального назначения продукта, подразумевает необходимость разработки эффективного инструментария оценки этих альтернатив с точки зрения потенциального инвестора. В качестве такого инструментария ранжирования альтернатив в работе рассматривается функция полезности инвестора.

Таким образом, целью данной статьи является построение функции полезности инвестора в задаче выбора будущего функционального назначения объекта недвижимости, расположенного в пределах городской территории.

Изложение основного материала

Рассмотрим инвестора (юридическое или физическое лицо), принимающего решения на рынке недвижимости, как экономического агента рынка и построим модель оптимального выбора инвестора. Прежде всего, отметим двойственную природу объекта недвижимости как товара с определенными потребительскими свойствами и, в то же время, объекта инвестирования – источника дохода [6]. Таким образом, направление некоторого объема капитала на создание (приобретение) недвижимости означает реализацию не только функции потребления, но и функции накопления.

Определим множество A альтернатив развития – возможных типов функционального назначения $A = \{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ объектов недвижимости. Отметим здесь, что каждый элемент A_i в свою очередь представляет собой множество. Следуя классической теории поведения потребителя [7], альтернативы развития (функционального назначения) объектов недвижимости (и, собственно, сами объекты недвижимости) будем рассматривать в качестве благ. Каждый из типов недвижимости A_i обладает определенной полезностью для инвестора. В общем

случае *полезность* [7] означает степень удовлетворения субъекта от потребления товара или выполнения какого-либо действия. При этом, полезность товара (блага) как свойство товара (блага, объекта недвижимости) – это абсолютное свойство товара, тогда как полезность, выражающая отношение субъекта к объекту недвижимости как к товару (блугу, богатству) – понятие относительное. Полезность включает также важную психологическую составляющую, так как люди достигают полезности, получая вещи (товары), которые доставляют им удовольствие. В рассматриваемом случае, когда товаром выступает объект недвижимости, то помимо коммерческого результата, выражаемого в доходе (прибыли, рентабельности), это может быть осознание своей социальной значимости, веса, авторитета в городском сообществе. Таким образом, в общем случае полезность представляет собой многокритериальную оценку (как доход, так и нематериальное удовлетворение).

Отметим также, что полезность обладает определенной субъективностью, так как отражает субъективное отношение конкретного инвестора к конкретному благу. Другими словами, инвестор при решении задачи оптимального выбора является экспертом, принимающим участие в формировании структуры модели оптимального выбора. Субъективность в принятии решения вполне объясняется наличием у инвестора практического опыта ведения того или иного вида бизнеса, типом его текущего бизнес-окружения, его интуицией.

Интересным, хотя и несколько в стороне от настоящего исследования вопросом является соотношение понятий полезности, ценности и стоимости объекта недвижимости. Следуя [4, 7], под определением ценности товара будем понимать возможность сравнения (измеримости) в денежных единицах различных видов и количеств товаров. При этом ценность отражает еще и свойство дефицитности недвижимости, что выражается в величине функции спроса.

Таким образом, различные подходы к определению полезности степени измеримости можно расположить в следующем порядке: ординалистский подход, состоящий в простом упорядочении альтернатив по их полезности, кардиналистский подход, включающий измерение полезности в условных единицах – ютилях, и, наконец, определение ценности альтернатив, состоящее в измерении полезности в денежном эквиваленте.

Введем понятие пространства благ R^N , где N – размерность пространства, равная количеству возможных типов функциональных назначений объекта недвижимости. Классификация функциональных назначений объектов недвижимости имеет иерархическую структуру, поэтому в зависимости от уровня иерархии (степени детализации) классификации

величина N может быть различной. На первом уровне классификации $N=8$, т.е. в качестве основных приняты следующие типы функциональных назначений объектов недвижимости {жилая, офисная, развлекательная, складская, промышленная, объекты общественного питания, торговая, гостиничная недвижимость}.

Тогда результат выбора инвестора представляется собой точку в пространстве E^N благ вида:

$$x = (x_1, \dots, x_2, x_N), \quad (1)$$

где x_n – количество блага n ($n = 1, 2, \dots, N$).

Количество блага x_n может быть интерпретировано как количество полезной площади n -го функционального назначения (или как количество базовых объектов недвижимости) [5].

Таким образом, альтернатива A_1 может быть представлена вектором $x=(x_1, 0, \dots, 0)$.

При этом многофункциональные комплексы (например, торгово-развлекательные комплексы с встроенными складскими помещениями) интерпретируются как векторы благ x с числом ненулевых компонент, равным количеству видов соответствующего функционального назначения.

Каждый проект девелопмента выполняется с учетом экономических, технических и других видов ограничений, накладываемых внешней и внутренней средой проекта, которые формируют допустимое множество $X \subset E^N$.

Если все компоненты вектора x , кроме одной, k -й, равны нулю: $\exists k \ x_k \neq 0, \forall x_n=0, n=1,2,\dots,N/k$, то такой вектор благ будем называть чистой альтернативой и обозначать x^k .

Применяя инструментарий теории полезности для сравнения альтернатив A_i , отметим, что если на множестве X заданы бинарные отношения предпочтения $x \succsim y$, где $x, y \in E^N$, то некоторая действительная функция $u(x): E^N \rightarrow E^1$ называется функцией полезности при условии, что

$$x \succsim y \Leftrightarrow u(x) \geq u(y).$$

Полезность той или иной альтернативы функционального назначения A_i используется для их ранжирования при построении функции полезности $u(x)$.

Для существования функции полезности необходимо, чтобы предпочтение отвечало аксиомам рефлексивности: $x \succsim x$, транзитивности: $x \succsim y, y \succsim z \Rightarrow x \succsim z$ и полноты (совершенности, сравнимости): $\forall x, y \in R^N$ либо $x \succsim y$, либо $y \succsim x$. Последнее говорит о рациональности инвестора, т.е. о том, что инвестор в состоянии сделать выбор из пары x и y [7].

Очевидно, переменные x_n заданы на дискретном множестве допустимых решений X . Поэтому выполнение указанных аксиом обеспечивает также достаточное условие существования $u(x)$. Основываясь на рассмотренных аксиомах предпочтения, построим функцию $u(x)$ полезности инвестора.

В приведенных терминах проект девелопмента Δ означает реализацию механизма преобразования некоторого начального набора благ $x^0 = (x_1^0, \dots, x_N^0)$ (например, свойств земельного участка) в набор $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_N^*)$, имеющий максимальную полезность:

$$x^0 \xrightarrow{\Delta} x^*, u(x^*) \geq u(x), \forall x \in X.$$

Рассмотрим процесс построения функции полезности инвестора, используя только чистые альтернативы x^k . В таком предположении различные альтернативы функционального назначения можно считать независимыми и ввести в рассмотрение одномерные функции полезности $u^k(x^k)$. Тогда обобщенная функция полезности $u(u^1, u^2, \dots, u^n)$ будет представлять собой аддитивную свертку одномерных функций полезности $u^k(x^k)$ и, соответственно, обладать свойством сепарабельности.

Условие 1. Каждая дополнительная единица недвижимости (кв. метр, базовый объект) приносит инвестору дополнительную полезность, однако меньшую, чем предыдущая единица. Больше приращение богатства сопровождается большим риском, причем полезность приращения зависит от начального уровня богатства. Такое предположение полностью согласуется с постулатами кардиналистской теории полезности об убывании предельной полезности благ. Все эти факторы находят отражение в функции полезности. Следовательно, одномерные функции полезности $u(x^k), k=1, \dots, N$, являются монотонно возрастающими и вогнутыми.

Отметим, что аддитивная свертка функций $u(x^k), k=1, \dots, N$, обладает теми же свойствами.

Условие 2. Парадигма полезности для инвестора реализуется, если недвижимость востребована рынком. Очевидно, с появлением все большего количества товара на рынке ограниченной емкости, коим является рынок недвижимости, ориентированный на определенную городскую территорию, время реализации каждой дополнительной единицы продукта возрастает. Следовательно, функции реализации $x^k(t)$ также являются монотонно возрастающими и вогнутыми.

Условие 3. Объекты недвижимости как товар обладают достаточно низкой ликвидностью и их реализация (как в случае продажи, так и в случае аренды) требует определенных транзакционных издержек. Поэтому полезность u будет представлять собой функцию времени.

Таким образом, каждая дополнительная единица недвижимости имеет меньшую полезность, как для самого инвестора, так и для других агентов рынка недвижимости.

Условие 4. Практика осуществления проекта девелопмента такова, что к началу собственно строительства инвестор обладает определенным объемом подтвержденных заявок на некоторое количество блага x^k . Более того, применяются те или

иные маркетинговые стратегии, призванные обеспечить планируемую долю $0 < \delta x_{t_c}^k < 1$ объема реализации продукта проекта к началу t_c его строительства. Таким образом, с точки зрения процесса реализации продукта проекта момент t_c можно считать первым моментом времени и, синхронизировав единицы времени, (обычно это квартал), продолжить изучение последующего временного ряда, момент времени 1 (момент t_c) началом отсчета.

Анализ имеющихся экспертных оценок и исторических данных по количеству и динамике передачи в аренду и продаж объектов недвижимости различных функциональных назначений показал, что процессы аренды и продажи объектов имеют свои специфические особенности.

Остановимся на процессе аренды. Исходя из приведенных выше условий, можно выдвинуть гипотезу, что распределение $\delta x^k(t)$ долей реализованного продукта во времени таково:

$$\delta x^k(t) = a^k \cdot \ln(t) + b^k, \quad (2)$$

где a^k, b^k – постоянные параметры распределения, $0 \leq a^k, b^k \leq 1$, причем b^k – оценка уровня реализации недвижимости k -го типа в момент t_c : $\delta x_{t_c}^k = b^k$, прич-

чем прирост $\frac{\Delta[\delta x^k(t)]}{\Delta t} \approx \frac{a^k}{t}$ количества $x^k(t)$ уменьшается со временем.

Данная гипотеза подтверждается имеющейся статистической информацией относительно динамики распределения долей арендованных помещений в зависимости от типа функционального назначения. На рис. 1 приведен пример динамики изменения (x^{1-2} – торговая, общественного питания, x^3 – офисная недвижимость) доли арендованной площади в бизнес-центре (г. Харьков, Дзержинский район), R^2 – оценка достоверности аппроксимации. Эти зависимости имеют выраженный логарифмический тренд (период времени – квартал).

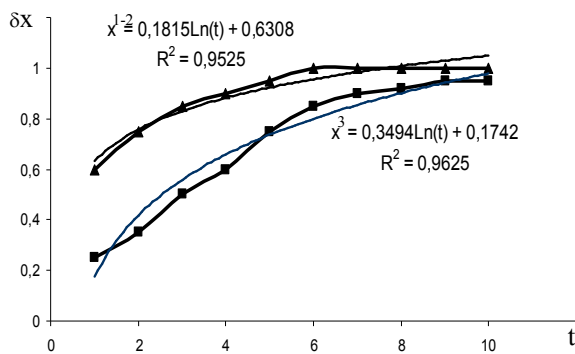


Рис. 1. Аппроксимация статистического распределения долей арендованной площади во времени (тонкая линия – тренд)

Таким образом, распределение некоторого блага x^k во времени принимает вид:

$$x^k(t) = x^k(a^k \cdot \ln(t) + b^k). \quad (3)$$

Очевидно, выбор типа функционального назначения осуществляется инвестором в условиях неполной информации с учетом своего опыта, отношения к риску и богатству, оценки допустимости предполагаемого срока выполнения проекта, осознания факта повышения риска невыполнения проекта при увеличении объемов строительства.

Принимая решение об инвестировании, ЛПР также руководствуется своими ожиданиями как реализации своего бизнес-опыта и интуиции относительно тенденций локального рынка недвижимости. Эта качественная информация может быть формализована в виде функции полезности инвестора.

Классическим приемом построения функции полезности является использование понятия лотереи (равновероятностных наилучшего и наихудшего исходов, в данном случае – величин коммерческого результата) и детерминированного эквивалента – гарантированной прибыли. Это позволяет провести структурную и параметрическую идентификацию функции полезности с помощью ЛПР. В качестве формального выражения полезности инвестора можно принять один из известных критериев, таких как доходность, срок окупаемости проекта или внутренняя норма рентабельности. Рассмотрим в данном случае критерий доходности, обозначая цену (аренды, продажи) единицы недвижимости k -го типа через s^k . В предложении, что рассматривается дисконтированная цена единицы продукции, логарифмическая функция полезности имеет вид:

$$\begin{aligned} u(x, t) &= \sum_{k=1}^N \lambda_k u_k \left(\frac{s^k}{(1+i)^t} x^k(t) \right) = \\ &= \sum_{k=1}^N \lambda_k u_k \left(\frac{s^k x^k}{(1+i)^t} (a^k \ln t + b^k) \right) = \\ &= \sum_{k=1}^N \lambda_k \{ \alpha^k \ln \left(\frac{s^k x^k}{(1+i)^t} (a^k \ln t + b^k) \right) + \beta^k \}, \end{aligned} \quad (4)$$

где параметры λ_k – экспертные оценки альтернатив функционального зонирования территории города, полученные с использованием методики [3], α^k, β^k – постоянные параметры функции полезности инвестора, в общем случае различные для недвижимости различного функционального назначения.

На рис. 2 представлен вид динамической функции полезности торговой недвижимости. Однотонные фрагменты указывают на области одинаковых значений функции полезности. Предложенная функция полезности (4) является основой построения дискретной оптимизационной задачи максимизации функции полезности инвестора вида

$$u(x, t) \rightarrow \max_{(x,t) \in \Omega \subset E^{N+1}}, \quad (5)$$

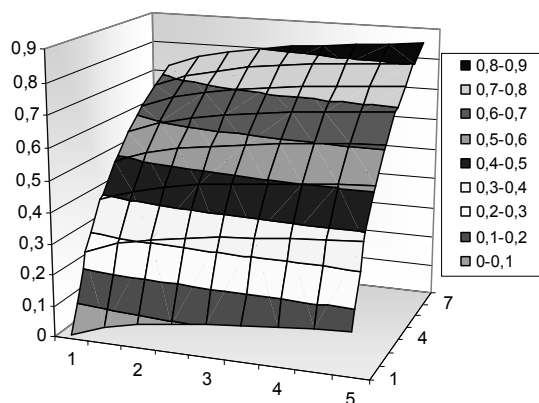


Рис. 2. Вид одномерной функции полезности $u(x^1, t)$

при ограничениях

$$\begin{aligned} \Omega: \quad & g_j(x, t) \leq 0, j = 1, 2, \dots, J, \\ & x_n \in \{0, 1, \dots, X_n\}, \\ & t \in \{1, 2, \dots, T\}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $g_j(x, t) \leq 0, j = 1, 2, \dots, J$ – система бюджетных, технологических, технических и других видов ограничений, формирующая область допустимых решений Ω , T – количество периодов времени.

Отметим, что время t также рассматривается как дискретная переменная, определенная на некотором конечном множестве периодов. Поэтому задачу (5) – (6) можно трактовать как задачу многоэтапной оптимизации.

Выводы и направления дальнейших исследований

В статье рассмотрен подход к построению динамической функции полезности инвестора – агента рынка недвижимости. Данная функция позволяет построить дискретную оптимизационную задачу максимизации полезности на допустимом бюджетном множестве, подобную известной прямой (маршаллианской) задаче потребителя.

ПОБУДОВА ДИНАМІЧНИХ ФУНКЦІЙ КОРИСНОСТІ ІНВЕСТОРА В ЗАДАЧІ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТА НЕРУХОМОСТІ

М.В. Новожилова, О.С. Бондаренко

Запропоновано динамічну функцію корисності інвестора, який приймає рішення на ринку нерухомості, в якості інструментарію оцінки альтернатив можливого функціонального призначення продукту проекту девелопменту. Структурна ідентифікація функції корисності проведена з використанням аксіоматики теорії вибору в умовах ризику. Параметрична ідентифікація заснована на застосуванні статистичної інформації про динаміку реалізації нерухомості, оцінок альтернативних варіантів функціонального зонування території міста, а також методики лотереї та детермінованого еквівалента

Ключові слова: динамічна функція корисності, проект девелопменту, функціональне призначення, оптимізаційна задача споживача.

CREATING DYNAMIC UTILITY FUNCTION OF AN INVESTOR IN THE PROBLEM OF THE REAL ESTATE FUNCTIONAL KIND CHOICE

M.V. Novozhilova, E.S. Bondarenko

We propose a dynamic utility function of the investor as decision-maker in the property market, as a tool for evaluating alternatives possible functionality of the product development project. Structural identification of utility functions carried out using the axiomatic theory of choice under risk. Parametric identification based on the use of statistical information about the dynamics of the implementation of real estate assessments of alternatives functional zoning of the city, as well as methods and deterministic equivalent of the lottery.

Keywords: dynamic utility function, project development, optimization problem of an consumer.

Кроме того, предложенный подход является основой автоматизации построения функции полезности инвестора в рамках инструментальной среды поддержки принятия решений.

В дальнейшем предложенную методика построения функции полезности предполагается модифицировать с учетом величины затрат на реализацию проекта девелопмента и распространить данный подход для построения функции полезности ЛПР для случая продажи ППД.

Список литературы

1. Шарова О.С. Система моделей та критерій закінчення стадії формування бачення продукту проекту девелопменту на фазі проектування / О.С. Шарова // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2008. – № 3. – С. 10-27.
2. Бушуев С.Д. Организационные формы управления девелоперскими проектами в динамическом окружении / С.Д. Бушуев, О. Мгбере Чинви // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2010. – № 1(33). – С. 5-13.
3. Долгова Н.Г. Метод оценки альтернативных вариантов функционального зонирования территории города / Н.Г. Долгова, М.В. Новожилова, О.И. Синельникова // АСУ приборы автоматизи. – 2008. – Вып. 145. – С. 75-80.
4. Асаул А.Н. Экономика недвижимости / А. Н. Асаул, С.Н. Иванов, М.К. Старовойтов. – СПб.: ИПЭВ, 2009. – 304 с.
5. Долгова Н.Г. Построение адаптивной модели объекта девелопмента / Н.Г. Долгова, М.В. Новожилова // Управление проектами и развитие производства. – 2008. – №3. – С. 27-32.
6. Бондаренко Е.С. Проект редевелопмента: формы продукта, особенности этапов жизненного цикла / Е.С. Бондаренко, М.В. Новожилова // Коммунальное хозяйство городов. – 2014. – Вып. 116. – С. 12-16.
7. Савицкая Е.В. Курс лекций по микроэкономике / Е.В. Савицкая. – М.: МФТИ, 2002. – 302 с.

Поступила в редколлегию 6.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Е. Басманов, Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков.