
СИНЕРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПОИСКА РАВНОВЕСНОЙ ЦЕНЫ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ

Марина Чичужко, Валерий Тазетдинов

***Аннотация:** В статье предложен метод определения равновесной цены объекта недвижимости, который базируется на использовании нейросетевых технологий и позволяет активизировать процесс функционирования рынка недвижимости.*

***Ключевые слова:** Объект недвижимости, равновесная цена, нейросетевые технологии.*

Введение

Современное состояние рынка недвижимости является уменьшенной копией состояния украинской экономики в целом. Постепенно заканчивается период быстрого накопления капитала с его сверхдоходами и происходит переход к обществу, в котором значительная часть финансовых потоков продуцируется сферой информационных технологий. Уменьшение нормы прибыли вызывает интерес к изучению рынка, его субъектов, структуры и механизмов функционирования, причин и следствий принятия решений. Растет необходимость в использовании информационно-аналитических методов прогнозирования ситуации и предвидения будущих сценариев развития, которые нужны для потенциальных инвесторов, органов государственного управления с целью принятия стратегических решений по развитию бизнеса и усовершенствованию механизмов функционирования рынка.

Внедрение современных технологий в информационно-аналитическую инфраструктуру обслуживания клиентов предусматривает, в первую очередь, оптимизацию поведения субъектов рынка недвижимости и обеспечения достижения ими своих целей. Методы аналитической обработки данных позволят получить информацию о максимально возможной стоимости объекта для продавца, обеспечить осуществление покупки за минимальную цену, увеличить прибыль за счет сокращения времени операций продажи, увеличения количества клиентов и улучшения качества обслуживания.

Разработка и применение информационно-аналитического обеспечения процессов на рынке недвижимости предопределено необходимостью внесения порядка в его структурную и элементную базу, которая даст возможность проведения целеустремленной государственной политики.

Постановка задачи

При анализе номенклатуры объектов недвижимости установлено, что, чаще всего, значения их характеристик имеют равномерное или нормальное распределение. В качестве базового объекта выберем среднестатистический объект недвижимости (ОН) со средними характеристиками – внутренними параметрами. Известно, что на стоимость ОН влияют и внешние факторы. Коррекция цены ОН в зависимости от особенностей местоположения, города, региона, результатов сравнительного анализа со столичными ценами и макроэкономической ситуаций в стране является важной задачей в процессе принятия решений. Для ее решения предложим такой метод:

Для каждого из внешних факторов Y_1, Y_2, \dots, Y_q построим функции принадлежности $\mu(Y_1), \mu(Y_2), \dots, \mu(Y_q)$, причем $\mu(Y_i) \in [0, 1]$, $i = \overline{1, q}$. Нормируем значение внутренних факторов.

Выполним структурную идентификацию функции оценки ОН как зависимости

$$Z' = F'(X_1, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_q, a_0, \dots, a_n, b_1, \dots, b_q). \quad (1)$$

В случае предположения о линейном характере вышеприведенной зависимости будем искать функцию

$$Z' = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \sum_{j=1}^q b_j \mu(Y_j) \quad (2)$$

при выполнении ограничений на коэффициенты:

$$\sum_{i=0}^n a_i + \sum_{j=1}^q b_j = 1. \quad (3)$$

Заметим, что в таком случае значения факторов путем нормирования необходимо отобразить в отрезок $[0, 1]$.

Алгоритм поиска равновесной цены

Предложенный метод не является единственно возможным [Марков, 1989]. Достаточно точные результаты получаем и при использовании корректирующих коэффициентов, но эмпирический характер их определения ставит больше вопросов, чем приносит пользы.

Интенсификация строительства нового жилья определяет и задачу формирования цены, которая устраивала бы и продавцов и покупателей. Эффективным рынок недвижимости (РН) является в том случае, когда наблюдается равенство предложения и спроса [Витлинский, 2003]. Будем считать, что Z_t – цена ОН в момент времени t , D_t , S_t количество однотипных ОН, купленных и проданных за время t . Тогда строительные организации для адекватного реагирования на конъюнктуру рынка должны учитывать следующие математические соотношения:

$$S_t = f(Z_{t-1}), D_t = g(Z_t), \quad (4)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(Z_{t-1}) = \lim_{t \rightarrow \infty} g(Z_t), \lim_{t \rightarrow \infty} Z_t = Z_q, \quad (5)$$

где $f(Z)$ – монотонно растущая и $g(Z)$ – монотонно убывающая функции, Z_q – равновесная цена. Имея статистический материал, функции $f(Z)$ и $g(Z)$ можно идентифицировать с помощью нейросети (НС) и, как следствие, найти точку равновесной цены. Отличия ОН требуют введения определенных корректирующих процедур, которые базируются на построении трапециевидной функции принадлежности (рис. 2). С абсолютной мерой уверенности ($\mu_q = 1$) считаем, что цена ОН в диапазоне $(x_q - \varepsilon, x_q + \varepsilon)$ позволит продать этот объект за время t . Чем меньшим будет это значение, тем меньшим является время реализации ОН. В интервалах $(x_q - \delta, x_q - \varepsilon)$ ОН также будет продан, но время этой процедуры будет значительно больше.

Конструктивно задачу определения равновесной цены ОН будем решать в такой последовательности. Используем две взаимосвязанные НС с алгоритмом обратного распространения ошибки и принцип стохастической релаксации. В качестве выходных данных имеем таблицу данных предложения (ИБ₁) и таблицу данных спроса (ИБ₂), которые содержат только значимые факторы в числовом формате. Одним из основных полей таблиц есть фактор времени, значение которого является количеством периодов, в

течение которых осуществлялся мониторинг цены на ОН. Тогда нейронные сети осуществляют идентификацию превращений:

$$F_d : (X_u, t) \rightarrow Z_d, \quad (6)$$

$$F_s : (X_u, t) \rightarrow Z_s, \quad (7)$$

где $X_u \subset X$ – вектор наиболее значимых компонентов вектора X .

Без ограничения общности допускаем, что $X_u = (X_1, X_2, \dots, X_k), k < n$. Доказано [Горбань, 1996], [Колмогоров, 1957], что уже двухслойная НС аппроксимирует любую непрерывную функцию с заданной точностью. К особенностям аппроксимации зависимостей (6) и (7) вернемся ниже, а пока будем считать, что обученные НС осуществляют идентификацию функций F_s и F_d .

Поиск равновесной цены объективно приемлемой для продавца и покупателя осуществляется по следующему алгоритму:

Шаг 1. Пусть существует v основных факторов, значения которых определены заинтересованным субъектом рынка недвижимости, то есть $X_i = D_i, i = \overline{1, v}$. Значения других $k - v$ факторов для него являются неосновными.

Шаг 2. Сделав анализ записей в базе данных, для которых $X_i = D_i, i = \overline{1, v}$ определить минимальные и максимальные значения неосновных факторов, то есть $X_j^{\min} = D_j^{\min}$ и $j = \overline{v+1, k}$.

Шаг 3. Подать на вход обученных нейронных сетей векторы значений $(D_1, D_2, \dots, D_v, D_{v+1}^{\min}, D_{v+2}^{\min}, \dots, D_k^{\min})$ и $(D_1, D_2, \dots, D_v, D_{v+1}^{\max}, D_{v+2}^{\max}, \dots, D_k^{\max})$ и определить минимальные Z_d^{\min}, Z_s^{\min} и максимальные Z_d^{\max}, Z_s^{\max} цены для покупателя и продавца.

Шаг 4. Если интервалы $[Z_d^{\min}, Z_d^{\max}]$ и $[Z_s^{\min}, Z_s^{\max}]$ непересекаются, то определение равновесной цены или невозможно, или требует дополнительных исследований.

Шаг 5. Если интервалы пересекаются, то мера их пересечения, которую можно описать треугольной или трапециевидной функцией принадлежности, указывает на интервал, на котором находится равновесная цена и задача решена.

Если решение задачи определения равновесной цены является важным для сбалансированного функционирования рынка недвижимости, то определение влияния на цену ОН внутренних и внешних факторов является главным информативным фактором для строительных организаций при выборе оптимальной структуры строительства жилья и указывает на эффективное решение проблемы с его продажей. Эта задача декомпозируется на подзадачи согласно с количеством факторов, которые желательно учитывать (однофакторная или многофакторная) и согласно предположенному виду зависимости (линейная или нелинейная):

$$Z = f_1(X) \text{ (однофакторная)}, \quad (8)$$

$$Z = f_2(X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_p}) \text{ (многофакторная)}, \quad (9)$$

$$Z = a_0 + \sum_{j=1}^p X_{ij} \text{ (линейная)}, \quad (10)$$

$$Z = f_3(X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_p}) \text{ (нелинейная)}. \quad (11)$$

Если зависимость является линейной (10), то для определения абсолютного коэффициента чувствительности (влияния на цену объекта недвижимости изменения значения одного из факторов) достаточно ее продифференцировать по нужной переменной. В другом случае, который и определяется НС, коэффициент чувствительности не является постоянной величиной. Для его вычисления необходимо весь интервал значений фактора X_b разбить на одинаковые интервалы $\{x_p^0, x_p^1, \dots, x_p^h\}$ так, что $i = \overline{1, h}$.

Учитывая это, строим график изменения чувствительности исходной характеристики к изменению экзогенного фактора в зависимости от значений последнего как график зависимости $\Delta u = G(i)$. При меньшем значении δ зависимость будет точнее.

Поскольку значения экзогенных факторов и эндогенной характеристики являются нормируемыми, то процедуру определения чувствительности можно использовать и для нахождения значимых факторов. Как уже отмечено выше, количество факторов, которые учитываются при определении цены ОН, равно приблизительно тридцати. Идентификация функций спроса и предложения происходит при присутствии значительных шумовых эффектов, вызванных субъективностью суждений субъектов рынка недвижимости. Основным же принципом предварительной обработки данных является снижение существующей избыточности информации. Результатом его использования является повышение информативности начальных данных. Для определения факторов, которые несущественно влияют на эндогенную характеристику, предлагаем использовать процедуру, в которой не используются никакие дополнительные предположения о виде зависимости между фактором X и ценой ОН Z .

Как предложено в [Ежов, 1998], формирование пространства признаков с учетом реальной значимости факторов осуществляется постепенно. На первом шаге определяют фактор с наибольшей индивидуальной значимостью, которая равняется

$$k_1 = \arg \max_{n_1} \{I(X_{n_1}, Z)\}, \quad (12)$$

где $I(X, Z)$ – количество информации, которая указывает на предсказуемость характеристики Z при известных значениях X и определяется в случае нелинейных зависимостей по технологии “box-counting” [Ежов, 1998]. Далее определяют второй, наиболее значимый фактор в паре с уже избранным:

$$k_2 = \arg \max_{n_2} \{I(X_{n_1}, X_{n_2}, Y)\} \quad (13)$$

и процедуру продолжают к определению последовательности с заданным количеством значимых факторов.

Аналитическими методами обеспечить реализацию такой процедуры невозможно. В то же время ее достаточно просто выполнить с помощью НС. Для этого необходимо протабулировать значение коэффициентов чувствительности для каждого фактора на каждом промежутке (см. вышеприведенную процедуру). Упрощая задачу, найдем средние значения коэффициентов чувствительности эндогенной характеристики к изменению каждого фактора. Пусть для фактора среднее значение коэффициента чувствительности является наибольшим, что будет свидетельствовать о его значительной информативности для определения эндогенной характеристики. С помощью НС с одним входом и одним выходом, который функционирует по алгоритму обратного распространения ошибки найдем зависимость $Z_1 = f_1(X_{n_1})$. Далее рассчитаем отклонение:

$$Z - Z_1 = Z - f_1(X_{n_1}) = \Delta_1 = F_2(X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_{k-1}}), \quad i_j \neq n_1 \quad (14)$$

На следующем шаге формируем НС с вектором входов $(X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_{k-1}})$ и одним выходом, учим ее и определяем наиболее значимый фактор по значению коэффициента чувствительности Δ_1 к изменению указанных факторов. Процедуру рекуррентно повторяем до определения полной иерархии факторов по информативности. Практически вычисления прекращаются при определении заранее указанного количества значимых факторов.

Процесс определения общих тенденций ценовой политики почти тождественен получению решения предыдущей задачи. Главное отличие заключается в том, что необходимо получить зависимость цены от времени, в самом простом случае, и цены от времени и других факторов. Решение такой задачи позволит прогнозировать поведение субъектов рынка недвижимости и при необходимости осуществлять регуляцию и коррекцию политики строительных организаций.

Если считать заданным число кластеров, эталоны $x_e^i, i = \overline{1, K}$ в каждом кластере Q_1, Q_2, \dots, Q_K и критериальные функции, то автоматически является определенными и классы ОН. Если же в результате предыдущего анализа установлено, что наибольший спрос имеют ОН с фиксированным значением фактора, то тогда необходимо решать задачу классификации, которая формулируется так:

$$\text{найти } \min_{x_e} \sum_{i=1}^K d_i \quad (15)$$

где d_i - расстояние между ОН i -го класса и соответствующим эталоном, причем

$$d_i = \left(\sum_{j=1}^{m_K} (x_j - x_e^i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (16)$$

x_e^i - координата эталона в i -м классе.

Получение ее решения и будет означать классификацию ОН (рис. 1).

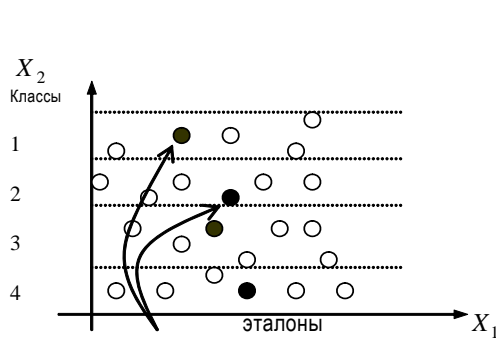


Рис. 1. Классификация с эталонами

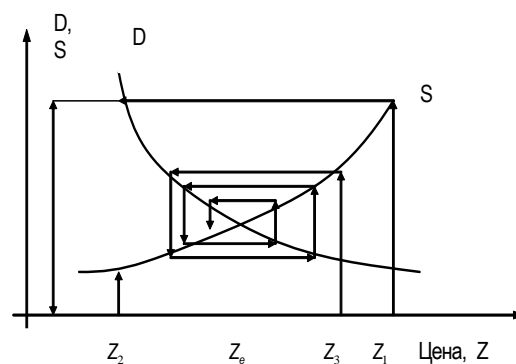


Рис.2. Процесс формирования равновесной цены

Успешное функционирование РН зависит и от нахождения решения задачи идентификации зависимостей

$$\begin{aligned} D &= D(X, Z) = f(X_1, X_2, \dots, X_n, Z_d), \\ S &= S(D, Z) = g(X_1, X_2, \dots, X_n, Z_s) \end{aligned} \quad (17)$$

и поиску точки равновесной цены Z_e (рис. 2) [Витлинский, 2003], которая определяется равенством

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n, Z_e) = g(X_1, X_2, \dots, X_n, Z_e) \quad (18)$$

при выполнении условий, что такая цена существует и где C_i – константа, D – количество однотипных ОН, купленных на РН, S – количество ОН, которые предлагаются на РН.

Заключение

Таким образом, использование разработанной нейросетевой технологии анализа и прогнозирования процессов на рынке недвижимости расширяет научно-методическую базу исследования рынка недвижимости, а ее достоверность подтверждается апробацией в агентствах недвижимости.

Библиография

- [Марков, 1989] А. Марков, Л. Расстригин. Синергетика: проблемы моделирования сложных систем и эволюционных процессов // Известия АН Латвийской. ССР. – Рига. – 1989. – № 6. – С. 134-136.
- [Витлинский, 2003] В.В. Витлинский. Моделирование экономики. – Киев: КНЕУ, 2003. – 408 с.
- [Горбань, 1996] А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. Нейронные сети на персональном компьютере. – Новосибирск: Наука, 1996. - 256 с.
- [Колмогоров, 1957] А.Н. Колмогоров. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиции непрерывных функций одного переменного // Докл. АН СССР, 1957. – Т. 114. – № 5. – С. 679-681.
- [Ежов, 1998] А.А. Ежов, С.А. Шумский. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. - Москва: МИФИ, 1998. - 224 с.

Информация об авторах

Марина Чичужко – Черкасский государственный технологический университет; бул. Шевченко, 460, Черкассы, Украина; e-mail: marina-puh@rambler.ru

Валерий Тазетдинов – Черкасский государственный технологический университет; бул. Шевченко, 460, Черкассы, Украина.