СИСТЕМНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
ИНВЕСТИЦИОННОЙ СРЕДЫ

Вероятностный подход в регулировании взаимоотношений города и инвестора в процессе управления инвестиционно-строительной деятельностью

В. И. Ресин, Е. В. Тихоненкова, Ю. С. Попков

1. Введение

Развитие экономики связано с расширением производственных инвестиций с соответствующим поддержанием их эффективности. Ключевая роль в этом принадлежит инвестиционно-строительному комплексу, который осуществляет свою деятельность на определенной территории, например, в городе. Поэтому чрезвычайно важной компонентой этой деятельности являются его экономические взаимоотношения с городскими властями, являющимися собственниками городской территории.

С другой стороны, городские власти, имеющие собственные представления о том, как должен развиваться город, используют инвестиционно-строительный комплекс для решения определенных задач совершенствования функционально-пространственной структуры, социального климата, экологии города.

Процессы взаимодействия городских властей и инвестиционно-строительного комплекса весьма многоаспектны, сложны и неопределены. Поэтому кажется целесообразным на начальном этапе их исследования оперировать достаточно агрегированными понятиями, но сохраняющими основные особенности указанного процесса. В рамках такого подхода будем рассматривать инвестиционно-строительный комплекс, далее «инвестор», и городские власти, далее «город», как субъекты с определенными поведенческими мотивациями. Мотивации данных субъектов характеризуются соответствующим функциями полезности (эффективности) и риска, компромисс между которыми обуславливает принимаемые решения.

Функции эффективности и риска для обеих субъектов зависят от большого количества разнородных факторов, влияние которых на эффективность не вполне определенное. Имеется в виду, что это влияние трудно количественно оценить или прогнозировать. Причем, эта особенность связана не с техническими проблемами измерения значений влияющих факторов, а с их природой, с непредсказуемостью внешней среды, с, так называемым, «человеческим» фактором.

В этих условиях, приходиться использовать какую-либо модель неопределенности. Одна из возможных моделей — вероятностная. В рамках этой модели функции эффективности и риска — случайные функции, а в реальных процедурах принятия решений следует оперировать их вероятностными характеристиками: средними значениями, дисперсиями, моментами более высоких порядков, вероятностями достижения и др.

В данной работе развивается вероятностный подход для оценки доли города при конкурсном отборе инвестиционно-строительного проекта.

2. Вероятностные характеристики эффективности и риска

Эффективность и риск являются основополагающими понятиями при принятии решений об участии в инвестиционно-строительном проекте как для городских властей, так и для инвестора. Эти понятия весьма сложны, зависят от большого количества разнородных факторов, часть из которых не доступны измерению. Кроме того, сама связь между факторами, эффективностью и риском может быть лишь смоделирована на основе существующих знаний и соглашений. Эти соображения свидетельствуют о существовании объективной неопределенности в формировании понятий эффективности и риска. Признавая это и понимая, что, несмотря на существование объективной неопределенности, для практической реализации инвестиционно-строительной деятельности необходимы количественные оценки эффективности и риска, адекватно моделирующие реальные затраты и доходы, а также потери от неполучения последних [1].

Построение таких оценок эффективности и риска основывается на использовании моделей неопределенности. Существует два класса таких моделей: интервальные и вероятностные. В моделях первого класса указываются интервалы изменения факторов или параметров, с помощью которых описывается их влияние. Затем, применяя интервальную математику или компьютерный эксперимент, определяются интервалы изменения оценок эффективности и риска. В реальных условиях интервальные модели приводят к полному перебору значений переменных внутри назначенных интервалов.

В моделях второго класса — вероятностных — тоже необходимо назначать интервалы изменения переменных, но имеется возможность назначать «ценность», частоту появления, вероятность этих значений внутри интервалов. Последнее позволяет привлекать значительно более развитый математический аппарат теории вероятности, чем аппарат интервальной математики.

Здесь будет использоваться вероятностная модель неопределенности. В рамках этой модели оценка эффективности $\text{Э}(t)$ в момент времени t является случайной величиной, значения которой распределены в интервале $[0, \text{Э}_+]$ с функцией плотности распределения вероятностей $p(\text{Э})$.

Инвестиционно-строительный проект считается эффективным, если

$$\text{Э}(t) \geqslant \delta, \tag{1}$$

где δ — заданный уровень эффективности. Поскольку значения оценки эффективности случайные, данное неравенство выполняется с определенной вероятностью:

$$P(\text{Э}(t) \ \geqslant \ \delta) = \int\limits_{\delta}^{\text{Э}_+} p(\text{Э})\, d\text{Э} = \mu. \tag{2}$$

Иными словами говоря, оценка эффективности, превышающая уровень δ, будет иметь место с вероятностью $\mu \leqslant 1$.

Часто более удобной является среднее значение оценки эффективности:

$$\overline{\text{Э}}(t) = \int\limits_{0}^{\text{Э}_+} \text{Э} p(\text{Э})\, d\text{Э}. \tag{3}$$

Тогда в правой части неравенства (1) используется не случайное, а среднее значение оценки эффективности:

$$\overline{\text{Э}} \geqslant \delta. \tag{4}$$

В рамках вероятностной модели риск не достижения заданной нижней границы δ эффективности возникает из-того, что неравенство (1) может не выполняться, т. е существует вероятность невыполнения неравенства (1). Эту вероятность примем за количественную оценку риска:

$$R(t) = P(Э < \delta) = \int_{\delta}^{Э_+} p(Э)\, dЭ. \tag{5}$$

В качестве косвенной оценки риска может быть принята дисперсия эффективности при фиксированной средней эффективности (условная дисперсия):

$$R(t) = D(t|\overline{Э}) = \int_{Э_-}^{Э_+} [\overline{Э} - Э]^2 p(Э)\, dЭ. \tag{6}$$

Ясно, что при фиксированном значении средней эффективности риск растет с ростом дисперсии.

3. Структура модели взаимоотношений города и инвестора

Оценки эффективности и риска, построенные в предположении о случайной природе этих понятий, приобретают определенную специфику, различную для города и инвестора в процессе реализации конкурсной процедуры. Одна из важнейших позиций конкурса — доля города α в инвестиционно-строительном проекте. Будем ориентироваться на жилищное строительство. Поэтому доля города есть доля жилой площади в проекте, которая предоставляется городу для покрытия его затрат и достижение социально-экономических целей.

Действительно доля города является очень важным фактором, влияющим на эффективность и риск проекта как для города, так и для инвестора. Если город повышает свою долю, стремясь компенсировать свои затраты, решить социальные проблемы и получить прибыль, то это приводит к увеличению стоимости проекта для инвестора, повышению цены продаж, снижению спроса и, в конечном счете, к нереализуемости проекта из-за его неэффективности. Иными словами, повышается риск проекта, который может превзойти приемлемый для города и инвестора уровень.

Эффективность для города. Обозначим: V — количество жилой площади в проекте, $\mathrm{C}_{\text{гор}}(\mathrm{t})$ — вклад города в проект, приведенный к моменту начала его реализации (затраты на инфраструктуру, социальные и экологические потребности и др.), T — время реализации проекта, $\mathrm{c}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T})$ — прогнозируемые цены продаж для города к моменту окончания строительства. Будем полагать, что цены продаж не зависят от доли города.

Имея свою долю жилой площади в проекте, город может ее использовать для покрытия своих затрат разными способами. Для объективной оценки этих способов будем оперировать доходом $\text{Д}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T})$, который город может получить, продавая свою долю жилой площади после окончания строительства по прогнозируемой цене $\mathrm{c}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T})$:

$$\text{Д}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T}) = \alpha \mathrm{V} \mathrm{c}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T}). \tag{1}$$

Поскольку имеет место «обесценивание» дохода, то чтобы в момент времени $\mathrm{t}+\mathrm{T}$ получить доход (1), виртуальный доход в начале строительства должен составлять

$$\text{Д}_{\text{гор}}(\mathrm{t}) = \text{Д}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T}) \exp\{\varrho \mathrm{T}\}, \tag{2}$$

где $\exp\{\varrho \mathrm{T}\}$ — норма дисконта.

Имея доход от реализации проекта и вклад (затраты) города в проект, определим относительную оценку эффективности проекта для города в виде [2]:

$$\text{Э}_{\text{гор}}(\mathrm{t}) = \frac{\text{Д}_{\text{гор}}(\mathrm{t})}{\mathrm{C}_{\text{гор}}(\mathrm{t})}. \tag{3}$$

Подставляя (1, 2) в последнее равенство, получим:

$$\text{Э}_{\text{гор}}(\mathrm{t}, \alpha) = \frac{\alpha \mathrm{V} \mathrm{c}_{\text{гор}}(\mathrm{t}+\mathrm{T}) \exp\{\varrho \mathrm{T}\}}{\mathrm{C}_{\text{гор}}(\mathrm{t})}. \tag{4}$$

В этих определениях эффективность измеряется в относительных единицах. Если $\text{Э}_{\text{гор}}(\mathrm{t}, \alpha) \geqslant 1$, то эффективность считается положительной, т. е. существует прибыль. Если $\text{Э}_{\text{гор}}(\mathrm{t}, \alpha) < 1$, то эффективность — отрицательная, т. е проект убыточен.

Эффективность для инвестора. Интерес инвестора в выполнении проекта состоит в извлечении дохода, превосходящего его собственные вложения на величину, не ниже допустимой для него. Обозначим $\mathrm{W}(\mathrm{t})$ — приведенная стоимость строительной части проекта. С учетом величины накладных затрат $\mathrm{H}(\mathrm{t})$ (подключение к объектам инфраструктуры, приобретение прав на земельный участок и др.) общая стоимость реализации проекта для инвестора равна

$$W_0(t) = W(t) + H(t). \tag{5}$$

Вкладывая указанную стоимость в реализацию проекта, инвестор располагает для коммерческого использования не всем объемом сооружаемого объекта, а лишь его частью $1 - \alpha$, так как α-часть принадлежит городу. Если все продажи отнесены к окончанию строительства, то ожидаемый доход инвестора, приведенный к началу строительства определяется следующим выражением:

$$Д_{инв}(t) = (1 - \alpha)V c_{инв}(t + T) \exp\{\varrho T\}, \tag{6}$$

Здесь $c_{инв}(t + T)$ — прогнозируемые цены продаж для инвестора. Оценка относительной эффективности проекта для инвестора может быть представлена в следующем виде:

$$Э_{инв}(t, \alpha) = \frac{(1 - \alpha)V c_{инв}(t + T) \exp\{\varrho T\}}{W_0(t)}. \tag{7}$$

Компромиссная эффективность. Заметим, что оценки эффективности проекта для города и инвестора зависят от доли α города в проекте, причем с ростом доли α эффективность города растет, а инвестора падает. Справедливым выбором в этой ситуации является равенство эффективностей:

$$Э_{инв}(t, \alpha) = Э_{гор}(t, \alpha) = Э^*(t). \tag{8}$$

Отсюда определяется значение компромиссной доли города, при котором достигается указанный компромисс:

$$\alpha^* = \frac{c_{инв}(t + T)\, C_{гор}(t)}{c_{инв}(t + T)\, C_{гор}(t) + c_{гор}(t + T)\, W_0(t)} = \frac{C_{гор}(t)}{1 + \beta(t + T)\, W_0(t)}, \tag{9}$$

где

$$\beta(t + T) = \frac{c_{гор}(t + T)}{c_{инв}(t + T)} - \tag{10}$$

параметр, характеризующий соотношение между ценами продаж города и инвестора.

Компромиссная эффективность принимает следующее значение:

$$Э^*(t) = \frac{V c_{гор}(t + T)\, c_{инв}(t + T)\ \exp\{\varrho T\}}{c_{инв}(t + T)\, C_{гор}(t) + c_{гор}(t + T)\, W_0(t)}. \tag{11}$$

Рассмотрим случай, когда цены продаж города и инвестора равны, т. е.

$$c_{гор}(t + T) = c_{гор}(t + T) = c(t + T). \tag{12}$$

Тогда

$$Э^*(t) = A(t)\, c\,(t+T), \tag{13}$$

где

$$A(t) = \frac{V \exp\{\varrho T\}}{W_0(t) + C_{гор}(t)}. \tag{14}$$

Проект считается эффективным, если

$$Э^*(t) \geqslant \delta, \tag{15}$$

где δ — заданный уровень относительной эффективности, приемлемый для инвестора и города.

Учитывая существование общей неопределенности, присутствующей во взаимоотношениях города и инвестора, и основываясь на ее вероятностной модели, компромиссная эффективность, определяемая равенством (11), является случайной величиной. Поэтому вместо условия (15) будем пользоваться средней эффективностью:

$$\overline{Э}^*(t) \geqslant \delta. \tag{16}$$

Из (11) видно, что в качестве случайных величин могут рассматриваться все переменные, кроме объема V. Наиболее очевидным претендентом на эту роль является прогнозируемая цена продаж $c(t+T)$. При этом известен интервал $[c_-, c_+]$ прогнозируемой цены и ее распределение $p_c(c)$ внутри интервала. Тогда средняя эффективность

$$\overline{Э}^*(t) = A(t)\,\bar{c}, \qquad \bar{c} = \int\limits_{c_-}^{c_+} c p_c\,(c)\,dc. \tag{17}$$

В качестве оценки риска используем условную дисперсию:

$$R(t) = D(t|\overline{Э}^*(t)) = \int\limits_{c_-}^{c_+} [\overline{Э}^*(t) - A(t)c]^2 p_c\,(c)\,dc. \tag{18}$$

Рассмотрим теперь общий случай, когда кроме прогнозируемой цены, случайными являются стоимость проекта $W_0(t)$ и затраты города $C_{гор}(t)$. Предполагается, что известны интервалы $[W_0^-, W_0^+]$, $[C_-, C_+]$ и функции плотности распределения вероятности $p_W(W)$, $p_C(C)$. Учитывая, что все переменные в (13) независимые, получим:

$$\overline{Э}^*(t) = V \int\limits_{W_0^+}^{W_0^-} \int\limits_{C_-}^{C_+} \int\limits_{c_-}^{c_+} \frac{c}{W_0 + C_{гор}}\, p_c(c)\, p_W(W_0)\, p_{гор}(C_{гор})\, dc\, dW_0\, dC_{гор}. \tag{19}$$

В качестве оценки риска снова используем условную дисперсию:

$$R(t) = D(t|\overline{Э}^*(t)) = \int_{W_0^+}^{W_0^-} \int_{C_-}^{C_+} \int_{c_-}^{c_+} \left[\overline{Э}^*(t) - \frac{c}{W_0 + C_{гор}} \right] \times$$

$$\times\, p_c(c)\, p_{гор}(C_{гор})\, p_W(W_0)\, p\, dc\, dW_0\, dC_{гор}. \tag{20}$$

Пример. Сравним поведение компромиссных доли города и относительной эффективности, когда соотношение цен продаж для города и инвестора $\beta(t+T)$ (10) случайное в интервале $[\beta^-, \beta^+]$. где $\beta^- = 0{,}3$; $\beta^+ = 1$. Нижнее значение β соответствует социальной политике города (городская цена продаж ниже цены продаж инвестора), а верхнее значение β — коммерческой политике (цена продаж равна рыночной).

Рассмотрим случай, когда значения $\beta(t+T)$ равномерно распределены в указанном выше интервале, т. е. функция распределения вероятностей

$$p_u(\beta) = \begin{cases} \dfrac{1}{\beta^+ - \beta^-}, & \text{для всех} \quad \beta^- \leqslant \beta \leqslant \beta^+, \\ 0, & \text{для всех} \quad \beta^- \geqslant \beta \geqslant \beta^+. \end{cases} \tag{21}$$

Среднее значение величины $\beta(t+T)$ равно

$$\overline{\beta}(t+T) = \frac{\beta^+ - \beta^-}{2} + \beta^- = 0{,}65. \tag{22}$$

Если оперировать только средним средним значением (22) отношения прогнозируемых цен продаж для города и инвестора, не используя информацию о распределении вероятностей его значений внутри интервала $B = [\beta^-, \beta^+]$, то согласно (9) будем иметь следующее выражение для определения компромиссной доли города:

$$\alpha^*(\overline{\beta}(t+T), \theta(t)) = \frac{1}{1 + \overline{\beta}(t+T)\,\theta(t)}, \tag{23}$$

где параметр

$$\theta(t) = \frac{W_0(t)}{C_{гор}(t)} \tag{24}$$

характеризует соотношение между затратами инвестора и города. В приводимых ниже расчетах будем рассматривать изменение величины θ в интервале $[0{,}5; 3{,}0]$.

Если учесть, что величина $\beta(t+T)$ — случайная с функцией распределения вероятностей (21), то среднее значение компромиссной доли

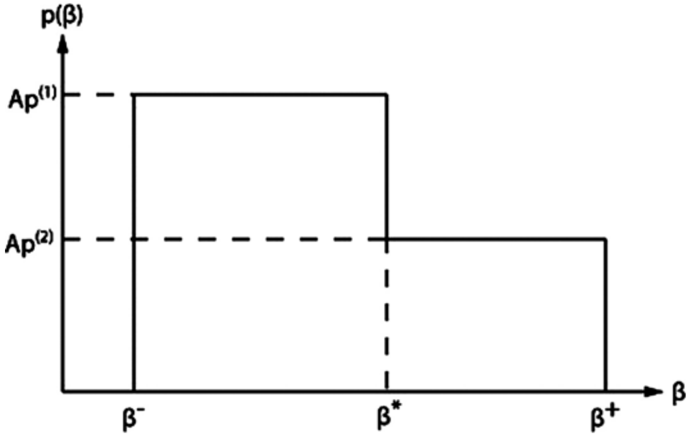

Рис. 1

будет определяться следующим выражением:

$$\alpha^*(\mathrm{p_u}(\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})),\theta(\mathrm{t})) = \frac{1}{\beta^+ - \beta^-}\int\limits_{\beta^-}^{\beta^+}\frac{1}{1+\beta\theta}\mathrm{d}\beta = $$
$$= \frac{1}{\beta^+ - \beta^-}\ln\frac{1+\beta^+\theta}{1+\beta^-\theta}. \qquad (25)$$

Естественно, представляет интерес, что дает учет информации о равномерном распределении величины $\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})$ количественно, т. е. какова разность между $\alpha^*(\mathrm{p_u}(\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})),\theta)$ и $\alpha^*(\overline{\beta}(\mathrm{t}+\mathrm{T}),\theta(\mathrm{t}))$. Исследование выражений (23), (25) показывает, что, во-первых, учет указанной информации приводит к большим значениям компромиссной доли города, и, во-вторых, это превышение растет с ростом затрат инвестора по отношению к затратам города и в пределе составляет 17%. На рис. 1 показаны зависимости $\alpha^*(0{,}65,\theta(\mathrm{t})) = \alpha_1^*$ и $\alpha^*(\mathrm{p_u}(\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})),\theta) = \alpha_2^*$. Из этих графиков видно, при учете информации о равномерном распределении величины $\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})$ происходит некоторая коррекция величины компромиссной доли города.

Рассмотрим теперь, как влияет форма функции распределения вероятностей величины $\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})$. Форма этой функции в определенной степени отражает политику города в инвестиционно-строительной сфере. Если город ведет социально-ориентированную политику, которая выражается в снижении цены продаж по сравнению с рыночными, то более вероятными являются значения величины $\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})$, примыкающие к левой границе β^- интервала B. Если эта политика — коммерческая, то более вероятными являются величины $\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})$, примыкающие к правой границе β^- интервала B.

Эту ситуацию можно имитировать функцией распределения вероятности следующего вида:

$$\mathrm{p}(\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T})) = \begin{cases} \mathrm{Ap}^{(1)}, & \text{для } \beta^- \leqslant \beta(t+T) < \beta^*, \\ \mathrm{Ap}^{(2)}, & \text{для } \beta^* \leqslant \beta(t+T) \leqslant \beta^+, \\ 0, & \text{для } \beta^- > \beta(t+T) > \beta^+, \end{cases} \tag{26}$$

где нормировочная константа

$$\mathrm{A} = \frac{1}{\mathrm{p}^1(\beta^* - \beta^-)} + \mathrm{p}^{(2)}(\beta^+ - \beta^*). \tag{27}$$

На рис. 2 показан график этой функции. Для дальнейшего удобно оперировать отношением $\nu = \mathrm{p}^{(1)}/\mathrm{p}^{(2)}$. В этих терминах $\nu \leqslant 1$ будет соответствовать коммерческой политике города, а $\nu > 1$ — социально-ориентированной политике. Примем $\beta^* = (\beta^- + \beta^+)/2 = 0{,}65$. Эта величина соответствует среднему значению отношения цен продаж для города и инвестора.

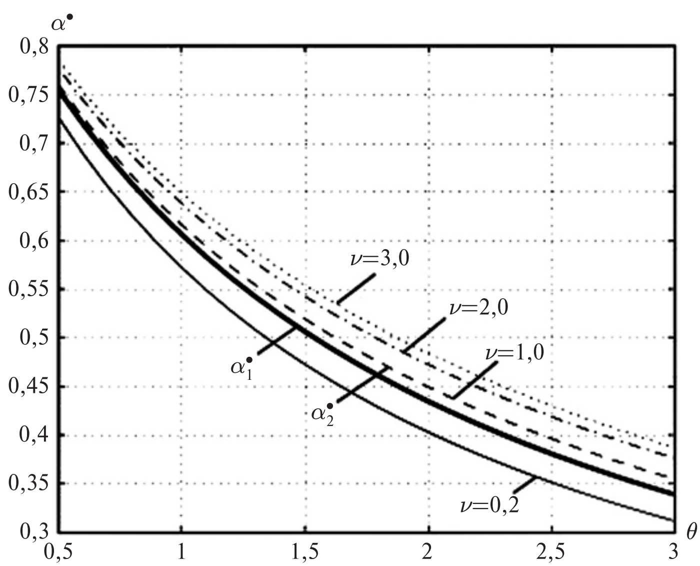

Рис. 2

Тогда последнее равенство примет вид:

$$\mathrm{A} = \frac{2{,}86}{\mathrm{p}^{(2)}(\nu + 1)}. \tag{28}$$

Выражение для среднего значения компромиссной доли для функции распределения вероятностей (26) принимает следующий вид:

$$\alpha^*(\mathrm{p}(\beta(\mathrm{t}+\mathrm{T}), \theta), \theta(\mathrm{t})) = \frac{2{,}86}{\theta(\nu+1)}\left(\nu \ln \frac{1+0{,}65\theta}{1+0{,}3\theta} + \ln \frac{1+\theta}{1+0{,}65\theta}\right). \tag{29}$$

На рис. 1 показаны зависимости этой функции от θ при различных значениях ν. Из этих графиков видно, что при коммерческой политике города ($\nu < 1$) его компромиссная доля может быть меньше той, которая вычислена по среднему значению $\overline{\beta} = 0{,}65$. В пределе, при значительном превышении затрат инвестора по сравнению с затратами города снижение доли города доходит до 30 %.

Полученный результат показывает, что если город преследует социально-ориентированные цели при своем участии в инвестиционно-строительном проекте, то его компромиссная доля должна быть выше при любых затратах инвестора. Напротив, если город преследует чисто коммерческие цели, то она должна быть снижена. И то, и другое ее значение в конкретной ситуации можно количественно оценить.

4. Затраты города на инфраструктуру

Выше отмечалось, что вклад $\mathrm{C}_{\text{гор}}$ города в инвестиционно-строительный проект может быть реализован различными способами. Но всегда это вклад в создание или развитие инфраструктурных объектов, повышающих ценность участка городской территории. В инфраструктурных затратах выделим следующие четыре компоненты: $\mathrm{C}_{\text{инж}}$ — затраты на создание или развитие инженерных сетей, $\mathrm{C}_{\text{тран}}$ — затраты на транспортную инфраструктуру, $\mathrm{C}_{\text{соц}}$ — затраты на социальную инфраструктуру, $\mathrm{C}_{\text{проч}}$ — прочие затраты. Тогда

$$\mathrm{C}_{\text{гор}}(\mathrm{t}) = \mathrm{C}_{\text{инж}}(\mathrm{t}) + \mathrm{C}_{\text{тран}}(\mathrm{t}) + \mathrm{C}_{\text{соц}}(\mathrm{t}) + \mathrm{C}_{\text{проч}}(\mathrm{t}). \tag{1}$$

Для численного определения компонент инфраструктурных затрат необходимо иметь их зависимости от натуральных показателей соответствующих объектов, макроэкономических показателей финансовой среды и форм реализации рыночных процедур. Но здесь возникают некоторые объективные трудности, связанные с с довольно высоким уровнем неопределенности. Неопределенность эта имеет двоякую природу. С одной стороны, прогнозирование ценовых, инфляционных и других характеристик не может быть осуществлено с абсолютной достоверностью. С другой стороны наши знания об упомянутых зависимостях неполны. Можно говорить лишь о некоторых приближениях объективно существующих, но неизвестных, зависимостей. В данной работе принята стохастическая модель неопределенности. В рамках этой модели компоненты инфраструктурных затрат рассматриваются как случайные величины, в том смысле, что можно указать не точные их значения, а интервалы их возможных значений и распределения вероятностей реализации этих значений внутри данных интервалов. Иными словами, компоненты инфраструктурных затрат характеризуются интервалами:

$$\begin{aligned} &C^-_{\text{инж}} \leqslant C_{\text{инж}} \leqslant C^+_{\text{инж}}, &\quad& C^-_{\text{тран}} \leqslant C_{\text{тран}} \leqslant C^+_{\text{тран}},\\ &C^-_{\text{соц}} \leqslant C_{\text{соц}} \leqslant C^+_{\text{соц}}, && C^-_{\text{проч}} \leqslant C_{\text{проч}} \leqslant C^+_{\text{проч}} \end{aligned} \tag{2}$$

и функциями распределения вероятностей

$$p_{\text{инж}}(C_{\text{инж}}),\quad p_{\text{тран}}(C_{\text{тран}}),\quad p_{\text{соц}}(C_{\text{соц}}),\quad p_{\text{проч}}(C_{\text{проч}}).$$

Поскольку указанные компоненты статистически независимы, то значения суммарного городского вклада принадлежат интервалу $C^-_{\text{гор}} \leqslant C_{\text{гор}} \leqslant C^+_{\text{гор}}$, где

$$\begin{aligned} C^-_{\text{гор}} &= C^-_{\text{инж}} + C^-_{\text{тран}} + C^-_{\text{соц}} + C^-_{\text{проч}},\\ C^+_{\text{гор}} &= C^+_{\text{инж}} + C^+_{\text{тран}} + C^+_{\text{соц}} + C^+_{\text{проч}}. \end{aligned} \tag{3}$$

Функция распределения вероятностей

$$\begin{aligned} p(C_{\text{гор}}) &= p(C_{\text{инж}}, C_{\text{тран}}, C_{\text{соц}}, C_{\text{проч}}) =\\ &= p_{\text{инж}}(C_{\text{инж}}) + p_{\text{тран}}(C_{\text{тран}}) + p_{\text{соц}}(C_{\text{соц}}) + p_{\text{проч}}(C_{\text{проч}}). \end{aligned} \tag{4}$$

Естественно, информация в виде (3, 4) об интервалах и распределениях не существует. Поэтому необходимы зависимости указанных компонент от факторов, которые можно измерять.

Затраты всех четырех категорий связаны со строительством, и в этом смысле методика их подсчета одинакова. Продемонстрируем ее для одного объекта инженерных сетей. Если таких объектов больше, то затраты на их строительство суммируются. Основную часть затрат составляет сметная стоимость $C_{\text{смет.инж}}$, которая корректируется коэффициентом инфляции $k_{\text{инф}}$. Коэффициент инфляции является прогнозируемой на период строительства величиной, для которой можно указать интервал $[k^-_{\text{инф}}, k^+_{\text{инф}}]$

и функцию распределения вероятности $p_{инф}(k_{инф})$. Сметная стоимость определяется проектно-сметной документацией, если таковая имеется, или вычисляется по усредненным нормативам на единицу объема.

Две другие компоненты «инженерных» затрат связаны с конкурсными процедурами. Одна из них $Q_{конк.инж}$ — стоимость проведения конкурса, а другая $J_{инж}$ — снижение сметной стоимости за счет конкурсной процедуры. Если первая вполне определенная величина, то вторая — прогнозируемая. Следовательно ее также можно рассматривать как случайную, равномерно распределенную в интервале $[J^{-}_{инж}, J^{+}_{инж}]$.

Итак, затраты на сооружение инженерных сетей определяются следующим выражением:

$$C_{инж}(t) = C_{смет.инж}(t)k_{инф} + Q_{конк.инж}(t) - J_{инж}(t). \tag{5}$$

Аналогичные выражения определяют затраты на сооружение объектов транспортной и социальной инфраструктуры:

$$\begin{aligned} C_{тран}(t) &= C_{смет.тран}(t)k_{инф} + Q_{конк.тран}(t) - J_{тран}(t), \\ C_{соц}(t) &= C_{смет.соц}(t)k_{инф} + Q_{конк.соц}(t) - J_{соц}(t). \end{aligned} \tag{6}$$

Наиболее неопределенными являются прочие затраты. Их можно оценить лишь экспертно, т. е. указать интервал $[C^{-}_{проч}, C^{+}_{проч}]$ и равномерное распределение значений в нем.

Подставим полученные зависимости в (1). Получим следующее выражение для вклада города:

$$C_{гор}(t) = k_{инф}C_{смет}(t) + C_{проч}(t) - J(t) + Q_{конк}(t). \tag{7}$$

Здесь

$$\begin{aligned} C_{смет}(t) &= C_{смет.инж}(t) + C_{смет.тран}(t) + C_{смет.соц}(t), \\ J(t) &= J_{инж}(t) + J_{тран}(t) + J_{соц}(t), \\ Q_{конк}(t) &= Q_{конк.инж}(t) + Q_{конк.соц}(t). \end{aligned} \tag{8}$$

В этих выражениях случайными являются коэффициент инфляции $k_{инф}$ и величины $C_{смет}(t)$ и $J(t)$.

5. Затраты инвестора

Как уже отмечалось выше, затраты инвестора складываются из приведенной стоимости капитальных вложений, необходимых для объекта строительства, и дополнительных затрат. Расчетные затраты имеют определенную степень достоверности, так как получены на базе прогнозных и оценочных показателях. Вложения инвестора в реализацию строительного проекта направляются на следующие статьи расходов:

— Проектно-изыскательские работы, а также стоимость всех согласований, необходимых для получения разрешения на строительство. Цена проектно-изыскательских работ может быть определена на основании рыночных данных архитектурных мастерских, приведенных к 1 м^2 общей площади, при этом нижней границей стоимости проектно-изыскательских работ является величина, рассчитанная на основании методик, утвержденных для объектов городского заказа.

— Затраты, связанные с подготовкой территории под строительство объекта. Часто требуется вынос существующих инженерных коммуникаций из пятна застройки, снос строений, выплата компенсаций собственникам, оформление договора на аренду земельного участка.

— Стоимость строительства определяется на основании удельных цен и объемов сооружаемых элементов объекта. Стоимость строительства включает прямые затраты подрядных организаций, накладные расходы и прибыль.

— Прочие затраты, связанные со страхованием строительно-монтажных рисков, вводом объекта в эксплуатацию, расходы на охрану и авторский надзор. В совокупности данная статья составляет примерно 2 % стоимости строительства основного объекта.

— Затраты на оплату услуг различных организации, сопровождающих строительный процесс.

— Резерв средств на непредвиденные работы и затраты в размере не менее 5 %.

— Налог на добавленную стоимость и другие обязательные налоги, сборы и отчисления в бюджет, которые предусмотрены действующим законодательством.

Из приведенного перечисления статей расходов инвестора видно, что во многих из них используются параметры или известные неточно, или прогнозируемые, или непредвиденные. Существующая неопределенность приводит к тому, что затраты инвестора характеризуются случайной величиной, принимающей значений в интервале $[W_0^-, W_0^+]$ с функцией распределения вероятности $p_W(W_0)$. Размеры указанного интервала W_0^- и W_0^+ и вид функции $p_W(W_0)$ зависят от выбранной модели расчета затрат.

В простейшей модели рассматривается зависимость затрат инвестора от удельных обобщенных цен c_c строительства единицы жилой площади и коэффициента инфляции $k_{инф}$, полагая, что эта зависимость имеет вид:

$$W_0(c_c, k_{инф}) = V c_c k_{инф}. \tag{1}$$

Здесь коэффициент инфляции $k_{инф}$ является случайным, распределенным в интервале $[k^-_{инф}, k^+_{инф}]$ с функцией распределения вероятности $p_{инф}(k_{инф})$.

Литература

1. *Ресин В. И.*, *Дарховский Б. С.*, *Попков Ю. С.* Вероятностные технологии в управлении развитием города. М.: URSS, 2004.
2. *Виленский П. Л.*, *Лившиц В. Н.*, *Смоляк С. А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. М.: Дело, 2004.