

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СТОИМОСТИ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Е.Е. Володина, д.э.н., профессор, Московский технический университет связи и информатики, evolodina@list.ru;

Цзинвэй Чжу, Директор по экономике, ООО «Чайна Телеком», zjwday@icloud.com.

УДК 351/354

Аннотация. В статье дано определение стоимости/ценности радиочастотного ресурса и раскрыты области применения взаимообусловленных и взаимно дополняемых терминов их практического использования в составе экономических методов и средств управления радиочастотным спектром. Автором представлены обоснованные методические подходы к количественной оценке различных категорий стоимости радиочастотного спектра и разработке математических моделей их расчета.

Ключевые слова: радиочастотный спектр; радиочастотный ресурс; стоимость; ценность; эффективность; моделирование.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO MODELING THE COST OF A RADIO FREQUENCY RESOURCE UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Elena Volodina, doctor of economics, associate professor, Moscow Technical University of Communications and Informatics;

Jingwei Zhu, China Telecom LLC.

Annotation. The article defines the cost/value of a radio frequency resource and reveals the areas of application of mutually conditional and mutually complementary terms of their practical use as part of economic methods and means of controlling the radio frequency spectrum. The author presents substantiated methodological approaches to the quantitative assessment of various categories of the radio frequency spectrum cost and the development of mathematical models for their calculation.

Keywords: radio frequency spectrum; radio frequency resource; cost; value; efficiency; modeling.

Введение

Как показало изучение международных документов и научных работ в области регулирования использования радиочастотного спектра (РЧС), применение тех или иных понятийных категорий к определению стоимости РЧС зависит от того, с какой целью и в интересах какого субъекта проводится стоимостная оценка. Этим субъектом может быть, как предприятие, использующее радиочастотный ресурс в своей производственной деятельности, так и государство, занимающееся распределением и регулированием использования РЧС.

В качестве категорий, характеризующих стоимость использования РЧС, автором предлагается рассматривать: «плату за использование РЧС», «цену лота на аукционах по распределению РЧС», «стоимость перераспределения РЧС» и «ущерб предприятий при досрочном прекращении их прав на пользование РЧС в пользу государственных служб». Актуальным остается проблема количественной оценки категории «стоимость РЧС», чему и посвящена данная статья.

Категорийно-понятийные аспекты термина «стоимость радиочастотного ресурса»

Наиболее часто в научной и нормативно справочной литературе под «стоимостью РЧС» понимается плата за использование РЧС, которая взимается, прежде всего, с целью возмещения затрат государства на управление РЧС. Так, в соответствии с отчетом МСЭ R SM.2012-3 (09/2010) стоимость спектра следует рассматривать «как стоимость управления использованием спектра, что может включать присвоение частот, получение разрешений, согласование и прочие процедуры, зависящие от типа службы» [1].

То есть, понятие стоимости радиочастотного спектра с точки зрения государства характеризуется как денежное выражение обязательств пользователя радиочастотного ресурса произвести платеж за выполненные регулятором работы и оказанные услуги по управлению использованием РЧС. А для предприятия плата за РЧС отражает затраты на получение доступа к использованию радиочастотного ресурса (разовая плата) и его дальнейшую эксплуатацию (ежегодная плата) [2-5].

Стоимостная оценка радиочастотного ресурса также раскрывается в цене аукциона на его распределение [6-8]. Начальная цена аукциона характеризует цену «продажи спектра» государством, которая также, как и плата, в первую очередь, должна покрыть затраты государства в части бюджетных затрат на проведение аукциона. Окончательная цена аукциона – это цена «покупки спектра» предприятием, а точнее окончательная стоимость лицензии на оказание услуг в определенном диапазоне частот, которая включается в затраты предпринимателя на приобретение права использования РЧС.

Внедрение прогрессивных радиотехнологий предполагает проведение перераспределения спектра, а именно проведение ряда организационно-технических мероприятий, нацеленных на высвобождение диапазонов частот, используемых старыми технологиями в пользу новых. Затраты на «перераспределение» радиочастотного спектра также относят к стоимостной оценке спектра, имеющей различную интерпретацию для государства и пользователей РЧС.

Перераспределение спектра может быть добровольным или обязательным. Добровольное перераспределение РЧС представляет собой случай, когда предприятие принимает решение использовать новые технологии в пределах полосы, где он работает, или отказывается от использования этих частот в пользу новых полос частот. Обязательное перераспределение спектра связано с административно утвержденной технической политикой планирования РЧС, и в этом случае предприятия могут нести убытки. Эти убытки согласно ст. 24 ФЗ «О связи» должны быть возмещены предприятиям – владельцам радиоэлектронных средств. Величина компенсации этих убытков может рассматриваться как стоимость использования РЧС за определенный период времени.

Таким образом, стоимостные категории использования РЧС имеют различную интерпретацию в зависимости от субъектно-объектных характеристик и целей их применения. Анализ раскрытых категорий свидетельствует о том, что все они отражают те или иные затраты, связанные с использованием/управлением радиочастотного ресурса.

Обоснованные понятийно-смысловые модели стоимостных категорий радиочастотного ресурса для их практического использования в составе экономических методов и средств управления РЧС должны быть представлены в формализованном виде. Поставленная задача предполагает выбор и обоснование методических подходов к количественной оценке различных категорий стоимости РЧС и разработку математических моделей их расчета.

Как показало изучение соответствующей литературы, в настоящее время в научных разработках и практической деятельности в сфере экономической оценки природных ресурсов выработан ряд методов. Наиболее известны и распространены: рентный метод, основанный на выявлении дополнительного экономического эффекта при использовании ресурсного источника, и затратный метод, учитывающий расходы на освоение природного ресурса, чаще – путем оценки альтернативных затрат, необходимых на замещение рассматриваемого ресурса. Последний из них предложено использовать для оценки стоимости РЧС, что соответствует обоснованному ранее авторскому решению, а именно – применять к исследуемым категориям затратный подход. При разработке экономико-математической модели стоимости РЧС из раскрытых выше категорий учтены следующие: стоимость перераспределения, плата за использование РЧС и аукционная стоимость.

Проведенный сущностный и функциональный анализ различных терминологических интерпретаций обусловил применение в качестве базовых такие экономические категории использования РЧС как стоимость, плата за использование, цена аукциона, эффект, убыток, что дает возможность на основе современных теоретических и прикладных экономико-математических разработок получить их количественную оценку.

Анализ математического инструментария стоимостной оценки радиочастотного ресурса

С целью практического использования математического инструментария в системе управления радиочастотным ресурсом стоимостные категории должны быть представлены в формализованном виде. Поставленная задача предполагает выбор и обоснование методических подходов к количественной оценке различных категорий стоимости РЧС и разработку математических моделей их расчета.

В настоящее время в научных разработках и практической деятельности в сфере экономической оценки природных ресурсов выработан ряд методов. Наиболее известны и распространены рентный метод, основанный на выявлении дополнительного экономического эффекта при использовании ресурсного источника, и затратный метод, учитывающий расходы на освоение природного ресурса, чаще – путем оценки альтернативных затрат, необходимых на замещение рассматриваемого ресурса. Последний из них соответствует методологической концепции экономического регулирования использования РЧС.

Таким образом, в основе моделирования стоимости радиочастотного ресурса (РЧР) лежит теория оценки эффективности инвестиционных проектов с учетом неопределенности, риска и вариантных сценарием инвестирования. Вопрос о количественных методах учета факторов неопределенности и риска при оценке эффективности инвестиционных проектов является одним из наиболее сложных и ему посвящен ряд научных работ [9, 10]. По ряду вопросов у разных авторов имеются различные точки зрения, поэтому теорию учета факторов неопределенности в расчетах эффективности пока нельзя считать завершенной.

О неопределенности (стохастике) говорят, что, когда «степень возможности» рассматриваемых сценариев или отдельных меняющихся параметров проекта характеризуется их вероятностями, а точнее – вероятностными распределениями. Необходимо учитывать, что термины «случайность», «вероятность» можно использовать для описания неопределенности только в случаях, когда вероятности (или их распределения) отдельных сценариев заданы, т.е. известен механизм возникновения случайности. Поэтому следует говорить, что неопределенность параметров инвестиционного проекта носит вероятностный

характер, если эти параметры являются случайными величинами или векторами в том смысле, какой придается этому термину в теории вероятностей.

Авторы считают, что вероятностные описания проектов уместны, когда колебания параметров проектов обусловлены повторяющимися природными или технологическими процессами, о протекании которых имеется достаточная статистическая информация, позволяющая считать такие процессы случайными и оценить их вероятностные характеристики. Радиочастотный спектр, как объект исследования полностью отвечает данным требованиям как в части природного явления с повторяющимися технологическими процессами, так и достаточности статистической информации.

С математической точки зрения основанием для решения поставленной задачи измерения стоимости радиочастотного ресурса при установленных критериях являются работы ученых в области принятия решений в расплывчатых условиях: Беллмана Р., Заде Л., Липси Р.Г., Ланкастера К. и оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности ожидаемого эффекта проекта: Виленского П.Л., Лившица В.Н., Смоляка С.А. [9-11].

Методы определения показателей ожидаемого эффекта зависят от имеющейся информации о неопределенных условиях реализации проекта. В условиях неопределенности ход реализации проекта не может быть описан однозначно. Необходимо учитывать, что возможны различные сценарии реализации проекта, поэтому можно использовать два подхода к оценке эффективности проектов при наличии неопределенности. При первом широко распространенном на практике подходе в основу оценки закладывается какой-то один, специально сформированный, базовый сценарий реализации проекта и отвечающий ему денежный поток. После этого расчет производится так, как если бы денежный поток проекта на самом деле был именно таким и детерминированным.

Второй подход к учету факторов неопределенности предполагает рассмотрение всех возможных сценариев реализации проекта. При этом структура критериев ожидаемого эффекта (т.е. способ агрегирования эффектов проекта, отвечающих разным сценариям) устанавливается аксиоматически, т.е. выводится из некоторых конкретно формулируемых требований, характеризующих, рациональное экономическое поведение экономических субъектов в условиях разного вида неопределенности. Показатель ожидаемого интегрального эффекта определяется исходя из возможных (отвечающим всем возможным сценариям) значений ЧДД проекта.

В литературе можно встретить различного рода рекомендации по исчислению этого показателя. Но одни из них ориентированы на частные виды неопределенности (как правило – только на вероятностную неопределенность), а другие недостаточно обоснованы с математической точки зрения и потому могут привести к ошибочным решениям. Для того, чтобы применяемые расчетные формулы приводили к рациональным, отвечающим «здравому смыслу» результатам, необходимо, чтобы они удовлетворяли определенным требованиям (аксиомам рационального экономического поведения).

Критерий ожидаемого эффекта, обеспечивающий рациональное экономическое поведение инвесторов в условиях вероятностной неопределенности, должен удовлетворять трем требованиям:

- непрерывности, означающей, что при малых изменениях возможных эффектов или вероятностей их осуществления ожидаемый эффект должен изменяться мало;

- согласованности, состоящей в том, что если при всех сценариях эффект проекта один и тот же, то таким же должен быть и ожидаемый эффект проекта;
- инвариантности при усреднении, суть которой заключается в следующем: если проекты А и В эффективны в равной степени, то тот же ожидаемый эффект имеет и «усредненный» проект.

Этим аксиомам удовлетворяет только критерий математического ожидания:

$$\mathcal{E}_{о.жс} = \sum_i \mathcal{E}_i p_i = M[\mathcal{E}] \quad (1)$$

где: $\mathcal{E}_{о.жс}$ – ожидаемый интегральный эффект инвестиционного проекта; \mathcal{E}_i – интегральный эффект (ЧДД) при сценарии i ; p_i – вероятность реализации этого сценария.

Не менее важным для решения поставленной задачи является математический аппарат учета субъективной вероятности. При принятии инвестиционных решений инвесторы нередко руководствуются своим представлением о будущем состоянии финансового рынка, и, следовательно, приписывают различным будущим состояниям рынка свои субъективные вероятности.

Концепцию субъективных вероятностей впервые предложил Т. Байес. Основываясь на субъективных вероятностях отдельных сценариев, экономический субъект может принимать решения относительно реализуемых в этих условиях проектов. Соответствующее правило названо правилом Байеса и сформулировано

так: Пусть a_{ij} представляет собой прибыль экономического субъекта, связанную с состоянием мира i и с решением j этого субъекта ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$). Если субъект ведет себя «как должно», то

существует совокупность n неотрицательных чисел P_i , сумма которых равна единице и которые обладают следующим свойством: любое решение (например, j) предпочтительнее другого (например, k) в том и только том случае, если

$\sum_{i=1}^m p_i a_{ij} > \sum_{i=1}^m p_i a_{ik}$. Число P_i называется вероятностью (субъективной) состояния

мира i . Суммы в обеих частях вышеприведенного неравенства представляют собой математические ожидания прибылей, связанных соответственно с решениями j и k . Таким образом, использование субъективных вероятностей позволяет корректно учесть предпочтения субъекта и принять рациональные решения в ситуациях, когда последствия этих решений зависят от внешней неопределенности.

Другой крайний случай неопределенности, когда, какая бы то ни было информация о вероятностях отдельных сценариев вообще является случайным событием и не может быть охарактеризована в терминах вероятностей), как в нашем случае, называется интервальной неопределенностью. Действительно, не всякая неопределенность носит вероятностный характер. Всерьез говорить о вероятностях можно лишь применительно к повторяющимся, массовым явлениям, обладающим статической устойчивостью. Применительно же к новой технике, технологии или вообще к любым уникальным событиям (с которыми часто связаны инвестиционные проекты) говорить о вероятностях просто нельзя. Более того,

исходная информация о некотором показателе может прямо указывать на то, что они не являются случайной величиной.

В общем случае мы говорим об интервальной определенности, если об эффекте инвестиционного проекта известно только некоторое (дискретное, образованное одним или несколькими интервалами, или какое-то иное) множество его возможных значений, но не распределение вероятностей на этом множестве. Наиболее общая расчетная формула для определения ожидаемого интегрального эффекта в случае интервальной неопределенности предложена Гурвицем Л. Она известна под названием «критерий оптимизма-пессимизма»:

$$\mathcal{E}_{ож} = \lambda \cdot \mathcal{E}_{max} + (1 - \lambda) \cdot \mathcal{E}_{min} \quad (2)$$

где: \mathcal{E}_{max} и \mathcal{E}_{min} – наибольший и наименьший интегральный эффект (ЧДД) по рассмотренным сценариям;

$0 \leq \lambda \leq 1$ – специальный норматив для учета неопределенности эффекта, отражающий систему предпочтений соответствующего хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности.

При $\lambda = 0$ эффективность проекта оценивается пессимистически, т.е. применительно к наихудшему из возможных сценариев, при $\lambda = 1$ – оптимистически, ориентируясь на лучший из возможных сценариев. На практике удовлетворительные результаты получаются при $\lambda = 0,3$. Фактический смысл норматива λ раскрыт в [11].

Предполагается, что в условиях интервальной неопределенности любому проекту X отвечает некоторое число $\mathcal{E}[X]$ – ожидаемый эффект проекта, который удовлетворяет трем требованиям:

- согласованности, состоящей в том, что если проект X детерминированный и дает эффект b (т.е. множество A_x состоит из одной точки b), то таким же должен быть и ожидаемый эффект этого проекта;
- монотонности, означающей что, если проект X явно не хуже проекта Y , то его ожидаемый эффект не меньше;
- аддитивности – при совместной реализации независимых проектов их ожидаемые эффект суммируются.

Смоляк А.С. [12] применительно к расчету ожидаемого эффекта инвестиционного проекта в условиях интервальной неопределенности обосновал четыре аксиомы:

1) чтобы результаты оценки детерминированных проектов разными методами не расходились, введем аксиому согласованности: $E(1S) = 1$;

2) желание, чтобы рост возможных эффектов проекта не уменьшал его ожидаемого эффекта, выражается аксиомой монотонности: $X(s) > Y(s) \Rightarrow E(X) > E(Y)$;

3) аксиома аддитивности имеет смысл, если будет введена операция слияния (независимых) проектов. Очевидно, что совместно реализовать проекты X и Y можно только при одном и том же состоянии природы. Если бы это состояние s было известно, то эффект первого проекта был бы равен $X(s)$, эффект второго – $Y(s)$, а их слияния – $X(s) + Y(s)$. На этом основании определим слияние X и Y как $X \oplus Y = X + Y$, характеризуемого функцией $X(s) + Y(s)$. Тогда функционал E будет аддитивным: $E(X \oplus Y) = E(X) + E(Y)$.

4) аксиома транзитивности выражает фундаментальные свойства системы предпочтений, а именно выражает последовательность (логичность) поведения индивида в процессе выбора. Несмотря на естественность этого требования, как утверждают психологи, человек в своем поведении всегда следует свойству транзитивности и при сравнении трех решений, когда первое решение лучше второго, а второе – лучше третьего, из первого и третьего вполне может выбрать третье. В связи с этим говорят, что «предпочтения свернулись в кольцо», то есть изменились вкусы.

На практике могут встретиться промежуточные, смешанные случаи, где сочетаются оба рассмотренных вида неопределенности. Для количественной оценки эффективности проектов в условиях такой обобщенной (интервально-вероятностной) неопределенности Лившиц В.Н. предлагает рассматривать эффект проекта случайной величиной, однако закон распределения вероятностей которой точно неизвестен. Для этого типа неопределенности предложена расчетная формула, обеспечивающая получение экономически корректных результатов. А именно, при наличии каких-либо ограничений на вероятности отдельных сценариев или отдельных значений эффекта (P_i) ожидаемый эффект может быть рассчитан по формуле, являющейся своеобразным обобщением формулы Гурвица:

$$\mathcal{E}_{о.ж.с.} = \lambda \times \max_{P_1, P_2, \dots} \left\{ \sum_i \mathcal{E}_i P_i \right\} + (1 - \lambda) \times \min_{P_1, P_2, \dots} \left\{ \sum_i \mathcal{E}_i P_i \right\}. \quad (3)$$

Максимум и минимум (а в общем случае – верхняя и нижняя границы) рассчитываются по всем допустимым (согласованным с имеющейся информацией, удовлетворяющим всем исходным ограничениям) сочетанием вероятностей отдельных сценариев.

Заключение

Таким образом, в условиях интервальной неопределенности мы имеем возможность использовать формулу Л. Гурвица, обоснованность применения которой в принятых условиях строго доказана на основе аксиоматики рационального экономического поведения. Правомерность же применения для целей выбора формулы Гурвица для интервального случая неопределенности была обоснована С.А. Смоляком (доказано им теоремой существования такого функционала и его единственности) [13]. Опираясь на теорию оценки природных ресурсов и оптимального планирования ученых Кантаровича Л.В., Лурье А.Л. и Новожилова В.В. предлагается оценивать стоимость радиочастотного ресурса путем сравнительного анализа инвестиционных проектов, характеризующих альтернативное развитие радиосетей по двум вариантам, отличающимся используемым радиочастотным ресурсом при условии равных доходов («тождестве эффектов») от услуг связи. Таким образом, стоимость РЧС будет рассчитываться на основе сопоставления затрат предприятия в динамическом выражении [14].

Литература

1. Отчет МСЭ-R SM.2012-3/SM.2012-4 Экономические аспекты управления использованием спектра. 2009/2010.
2. Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А. Пути совершенствования методики определения платы за использование РЧС для операторов подвижной связи // Электросвязь, 2017. – № 9. – С. 50-53.

3. Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А. Результаты реализации методики взимания платы за использование РЧС в России и ее совершенствование // Электросвязь, 2012. – № 8. – С. 9-11.
4. Володина Е.Е., Кузовкова Т.А. Бессилин А.В. Формирование механизма экономического государственного регулирования использования радиочастотного спектра // Век качества, 2012. – № 5-6. – С. 18-22.
5. Володина Е.Е., Кузовкова Т.А., Нарукавников А.В. Возмещение за использование радиочастотного спектра как экономический метод эффективного управления ограниченным природным ресурсом // Вестник Российской академии естественных наук, 2011. – № 4. – С. 103-108.
6. Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А. Анализ итогов проведения аукционов по распределению радиочастотного спектра в российской федерации // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2016. – Т. 10. – № 7. – С. 87-92.
7. Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А. Исследование методов определения начальной цены аукциона на право пользования радиочастотным спектром // Т-Comm Телекоммуникации и транспорт, 2014. – № 7. – С. 22-28.
8. Володина Е.Е., Садилова А.В. Государственное управление использованием радиочастотного спектра на основе процедуры оценки регулирующего воздействия // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2011. – Т. 5. – № 12. – С. 18-19.
9. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – 46 с.
10. Виленский П.Л., Лившиц В.Н. Экономика эффективности инвестиционных проектов с учетом реальных характеристик экономической среды // Аудит и финансовый анализ, 2000. – № 3. – С. 97-137.
11. Лившиц В.Н. Модели оценки эффективности инвестиционных проектов в стационарной и нестационарной экономиках // Вестник РАЕН, 2009. – № 2. – С. 11-18.
12. Смоляк С.А. Дисконтирование денежных потоков в задачах оценки эффективности инвестиционных проектов и стоимости имущества. – М.: Наука, 2006. – 324 с.
13. Смоляк С.А. Учёт риска при установлении нормы дисконта // Экономика и математические методы, 1992. – Т. 28. – В. 5-6. – С. 794-801.
14. Володина Е.Е. Методы и модели эффективного управления использованием радиочастотного ресурса. Москва, 2018. – 166 с.