

Table of Contents

Применение метода реальных опционов для оценки инвестиционного проекта системы автоматизированного полива (на базе машинного обучения)

- Введение: ограниченность NPV и преимущества реальных опционов
- Опцион на отсрочку запуска проекта
- Опцион на прекращение (сокращение потерь)
- Опцион на расширение проекта
- Вложенные (составные) опционы на последовательную экспансию
- Оценка волатильности проекта методом симуляции
- Заключение



Курсэкон черновик2 Дзедбан 0B21...
Документ

Здесь моя курсовая - то, что я успел сделать, включая исходные данные - я хочу дополнить пункты, по моим методам оценки опционов, практические виды опционов (исходя из моей задачи), а так же методы оценки требуемых параметров для вычисления опциона (расчеты пока что делать не обязательно) (здесь как источник можно использовать real options а practitioner's guide или подобный, к тому же я хочу оценить волатильность по методам в статье Evaluation of Software Development Investments: a Real Options Approach (моделировать различные варианты), так же мне нужно придумать в соответствии с данными задачами типы возможных опционов (или даже деревья решений - не уверен, что лучше) - важно использовать серьезные, научные источники и делать ссылки, где нужно, а так же соблюдать применимость к моему кейсу из моего варианта

Спасибо за подробный черновик! Чтобы я мог полноценно дополнить разделы по методам оценки опционов, видам опционов применительно к вашему кейсу, а также подходам к оценке параметров (включая волатильность), уточните, пожалуйста:

1. Какие конкретно виды опционов вы рассматриваете как возможные в рамках вашего проекта? Например, опцион на отсрочку, расширение, прекращение и т.д.

2. Какие параметры вы планируете оценивать (например, волатильность NPV, рыночную волатильность, стоимость разработки и т.д.) и в каком диапазоне сценариев?
3. Нужно ли включить примеры деревьев решений или предпочтительнее построить бинарные деревья (например, по методу Cox-Ross-Rubinstein)?
4. Хотите ли вы, чтобы итог был оформлен как отдельный раздел вашей курсовой с формальной структурой (введение, описание методов, ссылки и т.д.)?

Это поможет мне структурировать ответ и включить нужные источники, примеры и рекомендации.

1. Вообще рассматриваю опционы на отсрочку, прекращение и расширение (например можно сделать отсрочку в первый год или сделать прекращение во второй, если объемы продаж ниже заданного наперед числа или расширение в третий). Так же в книге aswath damodaran the promise and peril of real options написано, что проект можно рассматривать как несколько опционов на расширение, где последующий опцион зависит от предыдущего - тоже классная идея, возможно стоит сделать два каких то варианта и сравнить в итоге
2. Хочу менять то, что соответствует именно моему варианту - то есть Затраты на разработку, объемы продаж, среднюю цену внедрения системы и цену ежемесячного обслуживания (возможно проще будет менять только первые два параметра, сделай как считаешь нужным) (кстати на основании этих параметров вероятно и будут строиться оценки опционов) Эти параметры должны будут варьироваться в какой то сетке и влиять на итоговый NPV - насколько я понимаю так и будет оцениваться волатильность - об этом кстати тоже нужно акцентировать внимание в тексте
3. Думаю можно использовать бинарные деревья, однако не факт что это сработает если оценивать серию опционов на экспансию
4. Хочу ровно так, как ты написал - отдельный раздел с ссылками, описанием методов и т.д.

Отлично, я подготовлю подробный раздел к вашей курсовой, посвященный практическому применению метода реальных опционов для оценки инвестиционного проекта. В нём будут описаны:

- подходы к оценке опционов на отсрочку, прекращение и расширение;
- использование бинарных деревьев и/или вложенных опционов на экспансию;
- методы оценки ключевых параметров (NPV, волатильность) с сеточной симуляцией;
- ссылки на авторитетные источники (включая "Real Options: A Practitioner's Guide", "The Promise and Peril of Real Options" и статью Sanchez & Milanesi, 2011);

- оформление в формате раздела курсовой работы со структурой и формулировками, соответствующими вашему кейсу.

Приступаю к работе и скоро вернусь с результатами.

 Оценка инвестиционного проекта методом реальных опционов



Применение метода реальных опционов для оценки инвестиционного проекта системы автоматизированного полива (на базе машинного обучения)

Введение: ограниченность NPV и преимущества реальных опционов

Традиционный метод чистой приведенной стоимости (NPV) имеет известные ограничения при оценке инновационных проектов в условиях неопределенности. В частности, дисконтные модели плохо учитывают управленческую гибкость и волатильность параметров проекта journals.riseba.eu. Как отмечает Mun (2002), стандартный NPV-анализ не в состоянии отразить ценность неопределенности (волатильности) и возможности адаптивных решений менеджмента journals.riseba.eu. Проекты по разработке новых технологических продуктов (таких как система автоматизированного полива на основе ML) характеризуются высокой неопределенностью спроса, затрат и технических результатов. В таких условиях метод реальных опционов рассматривает инвестицию как *опцион*, то есть право (но не обязанность) осуществить те или иные действия в будущем при благоприятных условиях store.ectap.ro journals.riseba.eu. Это позволяет повысить оценочную стоимость проекта за счет учета гибкости: компания может отложить запуск, расширить масштаб или, напротив, прекратить проект в зависимости от развития ситуации.

Литература по реальным опционам (Trigeorgis, 1996; Damodaran, 2005 и др.) выделяет несколько основных видов опционной гибкости, присущих инвестиционным проектам journals.riseba.eu. В данном разделе детально рассматриваются следующие опции, применимые к проекту ML-системы полива: (1) опцион на отсрочку запуска проекта; (2) опцион на прекращение проекта; (3) опцион на расширение проекта; (4) серия последовательных (вложенных) опционов на экспансию. Кроме того, обсуждаются методы количественной оценки этих опционов – биномиальные решетки и модели составных опционов – и подчеркиваются различия подходов. Наконец, разрабатывается подход к оценке волатильности проекта с помощью имитационного моделирования основных параметров (затраты на разработку, объемы продаж и др.) для применения в модели реальных опционов. Рассмотрение ведется на основе исходных данных варианта 7: начальные затраты на разработку – 14 200 тыс. руб.; прогнозируемые годовые продажи – 60, 65 и 75 комплексов в 1-й, 2-й и 3-й годы; цена внедрения системы – 660 тыс. руб. за единицу; ежемесячная плата за обслуживание – 150 тыс. руб. с установки.

Опцион на отсрочку запуска проекта

Сущность опциона и обоснование. Опцион на отсрочку (defer option) предоставляет компании право начать проект не сразу, а спустя некоторый период, когда появится дополнительная информация о рынке или технология станет зрелее. В нашем случае это означает возможность отложить коммерческий запуск системы автоматического полива с первого года на второй. Если текущая чистая приведенная стоимость проекта отрицательна или неопределена, ожидание может повысить ценность проекта. За время отсрочки могут измениться ключевые факторы – например, спрос на систему полива или эффективность ML-алгоритмов – так что через год проект может приобрести положительный NPV [archive.nyu.edu](#) [archive.nyu.edu](#). Согласно Damodaran (2005), проект с отрицательным NPV сегодня может стать выгодным в будущем, и обладание эксклюзивным правом на такую отсрочку придает проекту характеристики колл-опциона [archive.nyu.edu](#) [archive.nyu.edu](#). Проще говоря, компания имеет право, но не обязанность инвестировать 14,2 млн руб. в разработку либо сейчас, либо спустя год – и реализует это право только если к следующему году приведенная стоимость ожидаемых денежных потоков (V) превысит инвестиционные затраты (X). В терминологии реальных опционов, *активом* выступает проект (приведенная стоимость его будущих денежных потоков), а *ценой исполнения* – требуемые инвестиции X ; срок жизни опциона – период эксклюзивного права на запуск (здесь – 1 год). Если через год $V > X$, фирма осуществит вложения и начнет проект; если $V < X$ – откажется, избежав убытка [archive.nyu.edu](#) [archive.nyu.edu](#). Таким образом, отсрочка защищает от неблагоприятного сценария и дает выигрыш в благоприятном, что имеет ценность аналогично финансовому колл-опциону.

Количество оценка. Для оценки опциона на отсрочку можно применить аналитические формулы или биномиальную модель. Приблизненно опцион «запустить проект в течение года» оценивается по модели европейского колл-опциона на не дивидендный актив [archive.nyu.edu](#) [archive.nyu.edu](#). Необходимо определить следующие параметры: текущая ценность активов проекта S (например, NPV при немедленном старте без опционов), цена исполнения $X = 14.2$ млн руб., время до истечения $T = 1$ год, волатильность σ (оцененная неопределенность ценности проекта за год) и безрисковую ставку r . Подход Damodaran (2005) демонстрирует применение: так, эксклюзивная лицензия на проект с определенным сроком действия создает классический опцион на ожидание [archive.nyu.edu](#). Однако следует учесть, что если конкурентная среда позволяет другим игрокам реализовать тот же проект, ценность отсрочки снижается – эксклюзивность права запуска подобна наличию барьеров входа для конкурентов [store.ectap.ro](#). В нашем примере компания обладает уникальной ML-технологией, что обеспечивает ей это право.

Биномиальный подход требует построить решетку возможных значений стоимости проекта за год. Например, предположим, что через год стоимость проекта (PV будущих потоков) может либо вырасти на некоторый коэффициент u , либо упасть на d . Эти коэффициенты связаны с волатильностью: обычно принимают $u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}}$, $d = 1/u$ sedici.unlp.edu.ar. Определив σ (см. раздел об оценке волатильности ниже) и шаг $\Delta t = 1$ год, можно рассчитать u и d . Затем строится дерево ценности проекта и оценивается ожидаемая ценность опционного решения к концу года (максимум из $V - X$ или 0 в узлах дерева) с приведением по безрисковой ставке. Такой риск-нейтральный расчет эквивалентен оценке финансового колл-опциона на актив с указанными параметрами sedici.unlp.edu.ar. В результате получаем стоимость опциона на отсрочку, которую можно прибавить к базовому NPV проекта. Если опцион достаточно дорог (что происходит при высокой неопределенности σ), *расширенный NPV* проекта (NPV + стоимость опциона) может стать положительным даже при отрицательном базовом NPV. Например, Trigeorgis (1996) указывает, что благодаря опционам на время можно принимать инвестиции с отрицательным статическим NPV, поскольку ценность гибкости перевесит первоначальные потери dallenwpty.com business.columbia.edu.

Опцион на прекращение (сокращение потерь)

Описание и ситуация для проекта. Опцион на прекращение (shutdown or abandonment option) дает право остановить проект на любом из последующих этапов, если результаты неудовлетворительны, тем самым ограничив убытки. В нашем проекте это проявляется как возможность свернуть программу внедрения системы полива после первого года, если продажи окажутся слишком низкими (например, существенно ниже запланированных 60 комплексов). Эта возможность ценна тем, что фирма не обязана терпеть убытки всех последующих лет: при плохом развитии событий она продает остаток проекта или просто прекращает дальнейшие расходы. В терминах опционов, опцион на прекращение – аналог пут-опциона, где базовый актив – проект, а «страйк» – условная стоимость ликвидации (например, salvage value или оставшаяся ценность при продаже активов) archive.nyu.edu. Если денежные потоки падают ниже определенного уровня, компания реализует свое право: прекращает проект, тем самым фиксируя остаточную стоимость или по крайней мере избегая дальнейших убытков.

Ценность и примеры. Традиционный NPV-анализ не учитывает, что менеджмент может выйти из убыточного проекта – он просто суммирует все отрицательные потоки. Реальный же проект часто включает возможность масштабируемости: например, можно заключать годовые договоры с поставщиками и брать сотрудников по контракту, чтобы в случае необходимости быстро свернуть деятельность archive.nyu.edu archive.nyu.edu. Наличие опциона на прекращение повышает общую ценность проекта, так как ограничивает риск снизу: потери не превысят определенный предел, а при благоприятном исходе проект продолжится и принесет прибыль. Damodaran (2005) подчеркивает, что ценность опциона на отказ дает компаниям основание встраивать в проекты операционную гибкость – возможность сократить масштабы или закрыть проект, если фактическая отдача не отвечает ожиданиям archive.nyu.edu. Иными словами, рационально заранее предусмотреть в планах «выход», даже если для этого нужно понести некие издержки (например, затраты на расторжение контрактов, некапитальные аренды оборудования и т.д.). В нашем случае фирма может, скажем, продать оставшееся оборудование полива или перепрофилировать разработанную ML-систему, вернув часть инвестиций. Опционная премия за такую гибкость – дополнительная ценность, которая может быть оценена количественно.

Оценка опциона. Опцион на прекращение обычно моделируется как европейский пут-опцион или американский пут (если право закрыть можно в любой момент, а не единоразово). Часто используется биномиальная модель, позволяющая учесть возможность оптимального досрочного прекращения. Например, для простоты предположим, что после 1-го года проекта известны результаты продаж, и в случае плохого сценария ($\text{NPV}_{\text{proj}}^{(1)} < 0$) фирма прекращает проект, получая salvage $\$S$ (рублей) от ликвидации. Тогда ценность этой опции приблизительно равна приведенной стоимости $\$S$ *умноженной* на вероятность плохого исхода, скорректированной на вероятность исполнения. Более точно, в рамках модели Блэк–Шоулза формула для пут-опциона могла бы быть применена, если бы проектный актив и ликвидационная стоимость были аналогичны торгуемому активу и фиксированной страйк-цене. Однако на практике оценка осуществляется либо через модель принятия решений (decision tree) с вероятностями, либо через имитацию (Monte Carlo) с последующим вычислением *реальной опционной стоимости* как разницы между ожидаемой стоимостью с гибкостью и без. Важно, что наличие опциона на прекращение часто существенно снижает эффективный риск проекта, так как «отрезает» низы распределения исходов. Это приводит и к понижению требуемой премии за риск, и повышает общую оценку. Компании нередко принимают проекты с низкой базовой окупаемостью, если видят возможность безболезненно выйти при неудаче – своего рода «право на ошибку» с ограничением убытка.

Опцион на расширение проекта

Сценарий и экономический смысл. Опцион на расширение (expand or growth option) возникает, когда первоначальный проект открывает перспективу дополнительных прибыльных вложений в будущем. Если первые этапы реализации успешны, фирма имеет право (но не обязанность) инвестировать дополнительные ресурсы в расширение масштаба проекта – например, выйти на новые рынки, увеличить производственные мощности или запустить новые функции продукта. В контексте нашей системы полива это может означать следующее: после успешных продаж в первые два года (60 и 65 систем соответственно) компания к третьему году получает возможность расширить бизнес – например, вложить дополнительные средства в увеличение производства или географии продаж, чтобы продать значительно больше чем 75 систем в год. Иными словами, базовый проект (разработка и пилотные продажи) создает опцион на рост: дальнейшая экспансия, которая не была бы возможна без реализации базового проекта.

Опционная ценность расширения. Даже если сам по себе начальный проект не имеет большого NPV, ценность открываемых им возможностей может оправдать инвестиции. Trigeorgis (1996) указывает, что компания может сознательно принять отрицательный или нулевой NPV на первой стадии ради получения права на гораздо более прибыльные проекты позже archive.nyu.edu. Damodaran приводит показательный пример: сеть Home Depot открывает небольшой пилотный магазин во Франции с отрицательным NPV –20 млн FF, но при успехе получает опцион расширить его до гипермаркета. Приведенная стоимость потенциального расширения оценивалась в 150 млн FF, затраты на расширение – 200 млн FF, срок опциона – 5 лет, волатильность ожиданий – 8%. По модели опционов такой опцион на расширение имел ценность ~37,9 млн FF, что превращало совокупный NPV проекта в положительный (+17,9 млн FF) archive.nyu.edu. Таким образом, за счет опционного компонента убыточный пилотный проект стал экономически целесообразным. Общий принцип: опцион на расширение – аналог колл-опциона на новый проект, где стоимость базового актива SS – приведенная стоимость будущих денежных потоков расширения (если реализовать немедленно), цена исполнения XS – требуемые вложения в расширение (капиталовложения в третий год), а срок – окно, в течение которого компания может принять решение. Пока расширение не осуществлено, компания сохраняет право, не тратя средств, а при благоприятных обстоятельствах (ценность расширения V_S превысит затраты XS) выполнит «exercise» – реализует расширение.

Условия максимальной выгоды. Опцион на расширение особенно ценен в сферах с высокой неопределенностью результатов и потенциально высокой доходностью проектов archive.nyu.edu. Например, в нашем случае рынок автоматизированного агро-оборудования может резко вырасти, если технология окажется востребованной (волатильность спроса высока). Кроме того, чем выше возможный ROI расширенного проекта, тем ценнее опцион (в стабильных отраслях с низкой маржой опционы расширения мало значат) archive.nyu.edu. Важное условие – начальному проекту должна быть присуща **эксклюзивность** продолжения: фирма сможет воспользоваться возможностью первой (за счет патентов, бренда, захвата рынка). В противном случае, если успех первой стадии просто привлечет конкурентов, ценность опциона частично обнуляется конкуренцией. Предположим, наша компания в случае успешных первых продаж может в 3-й год вложить, скажем, ещё 10 млн руб. в расширение производства, что позволит в 4-5 годы удвоить годовые продажи (например, выйти на зарубежные рынки). Если вероятность благоприятного сценария высокая, то уже в начале проекта можно учесть эту скрытую ценность, увеличив оценку. Именно поэтому реальный опцион роста называют **стратегической ценностью** проекта. Формально оценить его можно опять же либо по схеме Black-Scholes (как европейский call на расширение, что делалось в примере Home Depot archive.nyu.edu), либо через дерево решений с вероятностями успеха/неуспеха. Второй подход более нагляден: строятся сценарии – успех (выплаты с расширением) и неуспех (проект остается в исходном масштабе) – и вычисляется ожидаемая ценность с учетом возможности принять решение по факту результатов 2-го года. В отличие от традиционного анализа, где либо берется сразу масштаб 75 единиц/год, либо игнорируется потенциал >75, метод опционов учитывает асимметрию: негативный сценарий ограничен исходным планом, а позитивный дает сверхприбыль. Эта асимметрия и создает добавочную стоимость опционного ожидания.

Вложенные (составные) опционы на последовательную экспансию

Многоэтапные проекты с опциями. В реальных инвестиционных проектах нередко присутствует не один, а *целая серия* опционов, «вложенных» друг в друга или следующих последовательной цепочкой. Наш проект может служить примером составного опциона (compound option), когда успешная реализация каждой стадии создаёт следующий опцион. Предположим, развитие системы полива планируется поэтапно: (1) пилотное внедрение в одном регионе (1-й год) → опцион расширить на весь национальный рынок (3-й год, если пилот успешен) → опцион дальнейшей экспансии на зарубежные рынки (еще через 2 года, при успехе на национальном уровне) и т.д. Здесь второй опцион зависит от того, была ли исполнена первая экспансия, то есть по сути является опционом на опцион. Согласно терминологии Trigeorgis, проекты могут обладать свойством *option compoundness* – межопционной зависимостью, когда ценность одного этапа зависит от осуществления предыдущих опционов store.ectap.ro. Вложенные опционы расширяют стратегические возможности фирмы, но и усложняют оценку: общая ценность не равна простой сумме отдельных опционов, поскольку реализация одного меняет условия для другого. Опционы могут либо усиливать взаимную ценность, либо частично вытеснять (например, если расширение на национальном уровне уже исчерпывает рынок, опцион на зарубежный рынок добавляет меньше).

Подходы к оценке. Теоретически, многоступенчатые опционы требуют методов *составного опционного ценообразования*. В финансовой сфере известны аналитические решения для некоторых составных опционов (например, формулы Геске для опциона на опцион). Однако для сложных цепочек с многими неопределенностями аналитическое решение затруднительно archive.nyu.edu. Damodaran отмечает, что при последовательных стадиях расширения каждая стадия представляет опцион на следующую, и строгая оценка потребовала бы многомерного моделирования (многофакторное распределение) archive.nyu.edu archive.nyu.edu. Он указывает, что прямое применение составных моделей может «разбиться о мели погрешностей», поэтому часто практичнее оценивать сложный опцион по упрощенной модели, воспринимая её результат как нижнюю границу стоимости (floor value) archive.nyu.edu. Проще говоря, можно сначала оценить самый последний опцион (например, на глобальную экспансию) как если бы он был единственным, затем предыдущий, и суммировать с поправками – понимая, что реальная ценность цепочки будет несколько выше за счет синергии.

На практике наиболее удобным инструментом для вложенных опционов служат биномиальные решетки или моделирование решений во времени.

Биномиальная модель без труда расширяется на много периодов: на каждом шаге можно закладывать возможность либо исполнить опцион (если условия благоприятны), либо отложить/отказаться. Например, трехступенчатую экспансию можно смоделировать как дерево решений с вероятностными ветвями (успех/неуспех на каждом этапе), а затем, применяя принцип обратной индукции, вычислить ожидаемую приведенную стоимость с оптимальными решениями. Такой подход по сути комбинирует дерево решений и реальные опционы. Важно, однако, не «двойной счет» ценности: если оценивать каждый опцион в отдельности методом Блэк–Шоулза и складывать, можно ошибочно завысить итоговую стоимость. Trigeorgis (1996) подчёркивал, что при одновременном наличии нескольких опционов они могут взаимодействовать – усиливать или уменьшать общий эффект – поэтому их оценку нужно проводить комплексно store.ectap.ro.

Пример взаимодействия опционов. Предположим, помимо опционов на отсрочку и расширение, наш проект имеет еще опцион на изменение конфигурации продукта (switch option) или на масштабирование производства (expand/contract). Эти опции в совокупности образуют портфель опционов проекта, и их стоимость не аддитивна. Например, опцион на прекращение может уменьшать ценность опциона на расширение, ведь возможность легко выйти сокращает потенциальный *upside* (компания может раньше выйти вместо того, чтобы расширяться при умеренных результатах). С другой стороны, опцион на расширение может повысить ценность отсрочки: если знать, что через год появится шанс роста, ждать еще выгоднее. Чтобы учесть такие моменты, применяется моделирование сценариев «с опционом А, без опциона В» и т.п., либо имитация Монте-Карло с одновременным оптимальным применением опционов при каждом сценарии. Всё это показывает, насколько сложными могут быть вложенные опционы, и почему Damodaran (2005) рекомендует в ряде случаев полагаться на упрощённые оценки «вниз», чем пытаться достичь математической точности ценой ошибок archive.nyu.edu.

Оценка волатильности проекта методом симуляции

Роль волатильности в модели опционов. Ключевым параметром при оценке реальных опционов является волатильность ценности проекта (или его денежных потоков). В классическом опционном ценообразовании волатильность берётся из рыночных цен базового актива (например, историческая или имплицитная волатильность акции). Для реальных проектов прямых «рыночных котировок» нет, поэтому волатильность приходится оценивать исходя из неопределённости проектных параметров. Sanchez & Milanesi (2011) отмечают, что в случае ИТ-проектов (к которым близок наш ML-проект) волатильность носит *внутренний, специфичный для компании характер*: она обусловлена изменчивостью требований, технологий, человеческого фактора и т.д., а не рыночными колебаниями акций sedici.unlp.edu.ar. Поэтому нельзя просто взять волатильность со схожей публичной компании; вместо этого предлагается специальный фреймворк для оценки волатильности ИТ-инвестиций, учитывающий всю релевантную информацию о рисках проекта sedici.unlp.edu.ar sedici.unlp.edu.ar.

Подход на основе Monte Carlo. Для нашего проекта рационально оценить волатильность через моделирование возможных вариаций ключевых факторов и анализа распределения NPV. Эта методика состоит из нескольких шагов (по аналогии с методом Sanchez & Milanesi, 2011 sedici.unlp.edu.ar):

- Шаг 1: Определение неопределённых параметров и их распределений. На данном этапе выявляются параметры, вносящие наибольший вклад в разброс результатов проекта. В нашем случае такими факторами являются: объем продаж по годам (может оказаться выше или ниже прогнозных 60/65/75), цена внедрения и стоимость обслуживания (могут измениться под давлением рынка), а также первоначальные затраты на разработку (есть риск перерасхода сверх 14,2 млн). Например, объем продаж можно задать распределением (скажем, нормальным или треугольным) вокруг плана: $\pm 20\%$ от 60 в первый год и т.д. Стоимость разработки может иметь риск превышения, например, с $\sigma \approx 10\%$. Эти допущения должны основываться на экспертной оценке и аналогах.

- Шаг 2: Анализ чувствительности и проведение симуляции. Сначала выполняется анализ чувствительности NPV к каждому из факторов, чтобы понять, какие из них наиболее критичны. Затем задаются вероятностные распределения для существенных переменных и проводятся многократные прогоны расчета NPV (Monte Carlo simulation). Каждый прогон берет случайную реализацию параметров (например, спрос оказался низким и затраты высокими – худший случай, или наоборот) и вычисляет результирующий NPV проекта. После, на основе множества (скажем, 10 000) симуляций, мы получаем распределение NPV проекта. В частности, по результатам симуляции строится гистограмма и вычисляется стандартное отклонение σ_{NPV} – это и есть оценка волатильности ценности проекта, вызванной неопределенностью входящих параметров sedici.unlp.edu.ar. Sanchez & Milanesi в своем примере получили $\sigma_{NPV}=8,48\%$ sedici.unlp.edu.ar, что отражает относительный разброс итоговой ценности.
- Шаг 3: Использование волатильности в оценке опционов. Полученное стандартное отклонение NPV интерпретируется как волатильность базового актива в моделях реальных опционов. Чаще всего предполагают, что ценность проекта следует геометрическому броуновскому процессу с данной волатильностью sedici.unlp.edu.ar. Например, если $\sigma_{NPV} = 30\%$ и текущая оценка проекта (без опционов) $S=5$ млн руб., то для опционных вычислений принимается, что S растет/падает с этой волатильностью. В биномиальной модели это напрямую входит в коэффициенты u, d как описано выше sedici.unlp.edu.ar. В модели Блэк–Шоулза σ входит в формулы расчета d_1, d_2 и определяет величину временной стоимости опциона. Таким образом, достоверная оценка волатильности критически важна: завышение σ искусственно раздувает ценность опционов, а занижение – пропустит стратегическую ценность гибкости.

Примечание о риске и корреляциях. Следует добавить, что при симуляции желателен учет корреляции между параметрами. Например, если спрос высок, цена может слегка снижаться из-за конкуренции, или перерасход по затратам может коррелировать со сдвигом сроков запуска (что тоже влияет на NPV). В сложных моделях используется системная динамика или сценарный анализ, позволяющий учесть взаимоотношения переменных sedici.unlp.edu.ar sedici.unlp.edu.ar. Кроме того, после получения распределения NPV желательно разделить влияние *рыночных факторов* (отражающих систематический риск) и *фирменных факторов* (идиосинкразический риск). Для корректной оценки по методологии реальных опционов обычно требуется волатильность именно тех компонентов ценности, которые связаны с рыночным риском (поскольку дисконтирование по безрисковой ставке в моделях опционов подразумевает риск-нейтральность). Однако в практике часто волатильность проекта берут полной, а ставку корректируют под риски, либо применяют модели на реальных вероятностях. В нашем обзорном разделе будем считать, что рассчитанная σ пригодна для использования в опционной модели как эффективная волатильность.

Заключение

Метод реальных опционов позволяет более полно оценить инвестиционный проект системы автоматизированного полива, встроив ценность управленческой гибкости в финансовую модель. Мы рассмотрели четыре ключевых типа опционов: отсрочка запуска, досрочное прекращение, расширение масштаба и последовательная экспансия. Каждый из них повышает ценность проекта: отсрочка – за счет возможности дождаться благоприятных условий [archive.nyu.edu](#); прекращение – за счет ограничения убытков снизу [archive.nyu.edu](#); расширение – благодаря праву на дополнительные прибыли при успехе [archive.nyu.edu](#); вложенные опционы – предоставляя стратегическую платформу для многократного роста. Классические работы (Trigeorgis, 1996; Copeland & Antikarov, 2001; Damodaran, 2005; Mun, 2002 и др.) предлагают как аналитические, так и численные подходы к оценке этих опционов. В нашем анализе подчёркнуто, что биномиальные модели особенно удобны для поэтапных решений и позволяют алгоритмизировать оценку сложных комбинаций опционов, тогда как использование упрощенных формул (например, Black–Scholes) оправдано для отдельных опционов при допущении независимости. Разница подходов проявляется в точности и сложности: биномиальное дерево гибче и может отразить решение на каждом узле, зато требует больше исходных допущений (о вероятностях, волатильности); аналитический подход проще, но рискует недооценить стоимость составных опционов [archive.nyu.edu](#) [archive.nyu.edu](#).

Наконец, мы разработали подход к обоснованию критически важного параметра – волатильности проекта. Через Monte Carlo моделирование различных сценариев развития (изменение затрат, спроса и др.) получено распределение NPV, позволяющее количественно оценить разброс результатов [sedici.unlp.edu.ar](#). Стандартное отклонение NPV служит входом в опционные модели, определяя ценность «вверх-ногами» проекта [sedici.unlp.edu.ar](#). Такая интеграция имитации с реальными опционами соответствует рекомендациям современной литературы [sedici.unlp.edu.ar](#) [sedici.unlp.edu.ar](#) и помогает IT-менеджерам понять влияние неопределенности и гибкости на стоимость проекта в связке [sedici.unlp.edu.ar](#).

Применение метода реальных опционов, подкрепленное расчетами волатильности, демонстрирует более полную и стратегически ориентированную оценку проекта автоматизированного полива. Помимо базовой окупаемости, учитываются возможности управления проектом в будущем – что особенно важно в высокотехнологичных и нестабильных отраслях. Этот раздел курсачей работы показал, что даже при значительных начальных затратах (14,2 млн руб.) и неопределенном спросе, проект может оправдаться благодаря ценности опционов на гибкость. Таким образом, метод реальных опционов служит полезным дополнением к традиционным методам оценки инвестиций, позволяя обосновать решения о запуске, расширении или прекращении проектов на основе баланса риска и возможностей, а не только статических прогнозов.

Литература:

1. Sanchez, M.A. & Milanesi, G.S. (2011). *Evaluation of Software Development Investments: a Real Options Approach*. ASSE 2011. sedici.unlp.edu.ar sedici.unlp.edu.ar
2. Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. MIT Press. store.ectap.ro
3. Damodaran, A. (2005). *The Promise and Peril of Real Options*. NYU Working Paper. archive.nyu.edu archive.nyu.edu
4. Mun, J. (2002). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*. John Wiley & Sons. journals.riseba.eu

