Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**Санкт-Петербургский Государственный**

**Инженерно-Экономический Университет**

**РЕФЕРАТ**

на тему:

**«Применение теории нечетких множеств в оценке экономической эффективности и риска инвестиционных проектов в условиях неопределенности»**

**Выполнил:** Деревянко П.М.

**Проверил:** к.э.н., доц.Сергеев В.Р.

Санкт-Петербург

2006

**Оглавление**

**Список используемых сокращений 3**

**1. Анализ традиционных методов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности 4**

**2. Применение теории нечетких множеств в оценке экономической эффективности и риска инвестиционных проектов в условиях неопределенности 13**

**Список используемых сокращений**

1. ЗЛП – Задача Линейного Программирования
2. ИП – Инвестиционный(-ые) Проект(-ы)
3. ЛПР – Лицо, Принимающее Решение
4. НМП – Нечеткое Математическое Программирование
5. ПР – Принятие Решений
6. ТНМ – Теория Нечетких Множеств

**1. Анализ традиционных методов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности**

В ходе реализации ИП генерируется определенное движение денежных средств в форме их поступления и расходования. Это движение денежных средств реализуемого во времени ИП представляет собой непрерывный процесс и определяется понятием «денежный поток». ***Денежный поток***представляет собой совокупность распределенных во времени поступлений и выплат денежных средств, генерируемых в ходе осуществления ИП [3]. Понятие *"****денежный поток****"* является агрегированным, составным, включающим в свой состав многочисленные виды этих потоков. Для эффективного, целенаправленного управления денежные потоки классифицируются по различным признакам. С экономической точки зрения ИП можно представить в виде модели денежных потоков, в которой наиболее укрупненно выделяются денежные притоки () и оттоки () в -ом периоде. Как правило, денежные потоки рассматриваются как равномерные в течение периода  и приводятся к концу периода.

Оценка эффективности ИП представляет собой один из наиболее ответственных этапов в решении целого ряда стратегических задач, характерных для стадии реализации инвестиционной стратегии. Обоснованность принимаемого инвестиционного решения напрямую зависит от того, насколько объективно и всесторонне проведена эта оценка. В основе оценки эффективности ИП лежит система показателей, соизмеряющих полученный эффект от реализации ИП с его инвестиционными затратами. Ключевым вопросом в этой связи является сопоставление денежных потоков, что обусловлено следующими факторами: временной стоимостью денег, нестабильностью экономической ситуации.

Для оценки эффективности долгосрочных инвестиционных проектов используются различные показатели, наиболее известные из которых:

* ***Чистая текущая стоимость – NPV, ден.ед.;***
* ***Индекс рентабельности – PI, д.ед.;***
* ***Период окупаемости с учетом дисконтирования – DPP, годы;***
* ***Внутренняя норма рентабельности – IRR, %;***
* ***Модифицированная внутренняя норма рентабельности – MIRR, %;***

Вышеперечисленные показатели оценки экономической эффективности ИП являются основой для принятия обоснованного инвестиционного решения.

В многочисленной литературе описаны различные модификации формул вычисления показателей экономической эффективности ИП (*NPV*, *PI*, *DPP*, *IRR*, *MIRR*) в зависимости от исходных условий [2,15,19,23,28,29,30,31], поэтому в данной работе не будет подробно описываться суть данных показателей, так как заинтересованный читатель сам может найти данную информацию в литературе. Очевидно, что каждый из вышеприведенных показателей имеет свои отличительные преимущества и недостатки, которые также детально описаны в литературе, поэтому для принятия обоснованных инвестиционных решений необходимо совместное использование данных показателей, так как они позволяют ЛПР с разных сторон оценить эффективность ИП.

Общим недостатком вышеперечисленных показателей эффективности ИП является требование определенности входных данных, которая достигается путем применения средневзвешенных значений входных параметров ИП, что, может привести к получению значительно смещенных точечных оценок показателей эффективности и риска ИП. Также очевидно, что требование детерминированности входных данных является неоправданным упрощением реальности, так как любой ИП характеризуется множеством факторов неопределенности: неопределенность исходных данных, неопределенность внешней среды, неопределенность, связанная с характером, вариантами и моделью реализации проекта, неопределенность требований, предъявляемых к эффективности ИП. Именно факторы неопределенности определяют риск проекта, то есть опасность потери ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов. При анализе долгосрочных ИП, в том числе на основе вышеперечисленных показателей, необходимо прогнозировать во времени будущее состояние большого числа неопределенных параметров рыночной конъюктуры, поэтому абсолютно точный прогноз получить практически невозможно. При прогнозировании экономической эффективности и оценки рисков реализации ИП ключевым является проявление неопределенности числовых параметров планируемого ИП. Неустранимая неопределенность порождает столь же неустранимый рискпринятия инвестиционных решений [10,11,12,13,24,26]. Следовательно, при проведении прогнозов необходимо учитывать факторы неопределенности, обуславливающие риск по определенному показателю эффективности, поэтому мы неминуемо сталкиваемся с проблемой формального представления неопределенных прогнозных параметров, определяющих ИП, и проведение с ними соответствующих расчетов. Таким образом, наличие различных видов неопределенностей приводит к необходимости адаптации вышеописанных показателей оценки экономической эффективности ИП на основе применения математических методов, позволяющих формализовать и одновременно обрабатывать различные виды неопределенности.

Если ИП формализовать в виде модели денежных потоков, которая в данной работе принята за базовую, то различные подходы к формализации неопределенности различаются по способам описания входных параметров ИП, то есть составляющих величин , , . Среди различных подходов к моделированию в условиях неопределенности можно выделить три основных подхода: вероятностный, нечетко-множественный и экспертный. Как свидетельствует мировой опыт [1,5,6,7,12,14,20,24,35], эффективность применения подходов на основе вероятностных, нечетко-множественных и экспертных описаниях к решению различных задач, зависит от уровня и характера неопределенности, связанной с конкретной задачей. Действительно, по мере увеличения неопределенности классические вероятностные описания уступают место, с одной стороны, субъективным (аксиологическим) вероятностям, основанным на экспертной оценке, а, с другой стороны, нечетко-интервальным описаниям, выраженным в виде функций принадлежности нечетких чисел или, в частном случае, в виде четкого интервала. Субъективные (аксиологические) вероятности - это вероятностные формализмы, не имеющие частотного смысла, а представляющие собой, к примеру, результат виртуального пари по Сэвиджу, точечную оценку, основанную на принципе максимума энтропии Гиббса-Джейнса [6,27]. При этом возникает серьезная проблема обоснования выбора этих оценок. Кроме того, как показано на конкретном примере в [6], принцип максимума энтропии Гиббса-Джейнса не согласуется с правилами рационального экономического поведения (не обеспечивается монотонность).

Очевидно, если исходные параметры ИП характеризуются репрезентативной статистикой, или имеются достаточные основания полагать, что исходные параметры подчиняются определенному вероятностному закону, то в данной ситуации применение вероятностного подхода вполне оправдано и эффективно. Однако, как правило, при моделировании реальных ИП, статистика либо не достаточно репрезентативна, либо отсутствует вовсе, тогда применение вероятностного подхода затруднительно, либо невозможно вовсе. Положение усугубляется тем, что при моделировании реальных ИП, приходиться иметь дело с различными видами неопределенности, что связано, с наличием разного объема полезной информации относительно неопределенных параметров ИП, а, следовательно, встает проблема одновременного использования и обработки такой разнородной информации, отсюда возникает необходимость приведения данной информации к единой форме представления.

В мировой практике инвестиционного менеджмента используются различные методы оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности, к наиболее распространенным из которых следует отнести следующие методы:

* метод корректировки ставки дисконтирования (премия за риск);
* метод достоверных эквивалентов (коэффициентов достоверности);
* анализ чувствительности показателей эффективности (NPV, IRR и др.);
* метод сценариев;
* методы теории игр (критерий максимина, максимакса и др.);
* построение «дерева решений»;
* имитационное моделирование по методуМонте-Карло;

Детальное описание выше перечисленных методов дано в различных литературных источниках [6,29,30], поэтому остановимся более подробно на особенностях и недостатках их практического применения.

***Метод корректировки ставки дисконтирования*** предусматривает приведение будущих денежных потоков к настоящему моменту времени по более высокой ставке, но не дает никакой информации о степени риска (возможных отклонениях конечных экономических результатов). При этом получаемые результаты существенно зависят только от величины надбавки (премии) за риск. Также, недостатком данного метода являются существенные ограничения возможностей моделирования различных вариантов развития ИП, которые сводятся к анализу зависимости показателей NPV, IRR и др. от изменений одного показателя — нормы дисконта. Таким образом, в данном методе различные виды неопределенности и риска формализуются в виде премии за риск, которая включается в ставку дисконтирования.

***Метод достоверных эквивалентов (коэффициентов достоверности)*** в отличие от предыдущего метода предполагает корректировку не нормы дисконта, а денежных потоков ИП в зависимости от достоверности оценки их ожидаемой величины. С этой целью рассчитываются специальные понижающие коэффициенты  для каждого планового периода . Данный метод имеет несколько вариантов в зависимости от способа определения понижающих коэффициентов. Один из способов заключается в вычислении отношения достоверной величины чистых поступлений денежных средств по безрисковым вложениям (операциям) в период , к запланированной (ожидаемой) величине чистых поступлений от реализации ИП в этот же период  [29]. Очевидно, что при таком способе определения коэффициентов достоверности денежные потоки от реализации ИП интерпретируются как поступления от безрисковых вложений, что приводит к невозможности проведения анализа эффективности ИП в условиях неопределенности и риска.

Другой вариант данного метода заключается в экспертной корректировке денежных потоков с помощью понижающего коэффициента, устанавливаемого в зависимости от субъективной оценки вероятностей. Однако интерпретация коэффициентов достоверности как субъективных вероятностей, свойственная данному подходу, не соответствует экономической сущности оценки риска [29]. Применение коэффициентов достоверности в такой интерпретации делает принятие инвестиционных решений произвольным и при формальном подходе может привести к серьезным ошибкам и, следовательно, к последующим негативным последствиям для предприятия.

***Метод анализа чувствительности*** показателей эффективности ИП (NPV, IRR и др.) позволяет на количественной основе оценить влияние на ИП изменения его главных переменных. Главный недостаток данного метода заключается в том, что в нем допускается изменение одного параметра ИП изолированно от всех остальных, т.е. все остальные параметры ИП остаются неизменными (равны спрогнозированным величинам и не отклоняются от них). Такое допущение редко соответствует действительности.

***Метод сценариев*** позволяет преодолеть основной недостаток метода анализа чувствительности, так как с его помощью можно учесть одновременное влияние изменений факторов риска. К основным недостаткам практического использования метода сценариев можно отнести, во-первых, необходимость выполнения достаточно большого объема работ по отбору и аналитической обработке информации для каждого возможного сценария развития, и как следствие, во-вторых, эффект ограниченного числа возможных комбинаций переменных, заключающейся в том, что количество сценариев, подлежащих детальной проработке ограничено, так же как и число переменных, подлежащих варьированию, в-третьих, большая доля субъективизма в выборе сценариев развития и назначении вероятностей их возникновения.

Если существует множество вариантов сценариев развития, но их вероятности не могут быть достоверно оценены, то для принятия научно обоснованного инвестиционного решения по выбору наиболее целесообразного ИП из совокупности альтернативных ИП в условиях неопределенности применяются ***методы теории игр***, некоторые из которых рассмотрены ниже:

***Критерий MAXIMAX*** не учитывает при принятии инвестиционного решения риска, связанного с неблагоприятным развитием внешней среды.

***Критерий MAXIMIN (критерий Вальда)*** минимизирует риск инвестора, однако при его использовании многие ИП, являющиеся высокоэффективными, будут необоснованно отвергнуты. Этот метод искусственно занижает эффективность ИП, поэтому его использование целесообразно, когда речь идет о необходимости достижения гарантированного результата.

***Критерий MINIMAX (критерий Сэвиджа)***, в отличие от критерия *MAXIMIN*, ориентирован не столько на минимизацию потерь, сколько на минимизацию сожалений по поводу упущенной прибыли. Он допускает разумный риск ради получения дополнительной прибыли. Пользоваться этим критерием для выбора стратегии поведения в ситуации неопределенности можно лишь тогда, когда есть уверенность в том, что случайный убыток не приведет фирму (инвестиционный проект) к полному краху.

***Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица*** [33] устанавливает баланс между критерием *MAXIMIN* и критерием *MAXIMAX* посредством выпуклой линейной комбинации. При использовании этого метода из всего множества ожидаемых сценариев развития событий в инвестиционном процессе выбираются два, при которых  достигает минимальной и максимальной эффективности. Выбор оптимального ИП по показателю  осуществляется по формуле:

, **(1.1)**

где  - коэффициент пессимизма-оптимизма, который принимает значение в зависимости от отношения ЛПР к риску, от его склонности к оптимизму или к пессимизму. При отсутствии ярко выраженной склонности . При  (точка Вальда) критерий Гурвица совпадает с максиминым критерием, при  - с максимаксным критерием.

Общий недостаток рассмотренных выше методов теории игр состоит в том, что предполагается ограниченное количество сценариев развития (конечное множество состояний окружающей среды).

***Метод построения «дерева решений»*** сходен с методом сценариев и основан на построении многовариантного прогноза динамики внешней среды. В отличие от метода сценариев он предполагает возможность принятия самой организацией решений, изменяющих ход реализации ИП и использующих специальную графическую форму представления результатов («дерево решений»). Данный метод может применяться в ситуациях, когда более поздние решения сильно зависят от решений, принятых ранее, и в свою очередь, определяют сценарии дальнейшего развития событий [29]. Основными недостатками данного метода при его практическом использовании являются, во-первых, техническая сложность данного метода при наличии больших размеров исследуемого «дерева» решений, так как затрудняется не только вычисление оптимального решения, но и определение данных, во-вторых, присутствует слишком высокий субъективизм при назначении оценок вероятностей.

***Имитационное моделирование по методу Монте-Карло***является наиболее сложным, но и наиболее мощным методом оценки и учета рисков при принятии инвестиционного решения. В связи с тем, что в процессе реализации этого метода происходит проигрывание достаточно большого количества вариантов, то его можно отнести к дальнейшему развитию метода сценариев. Метод Монте-Карло дает наиболее точные и обоснованные оценки вероятностей по сравнению с вышеописанными методами. Однако, несмотря на очевидную привлекательность и достоинства метода Монте-Карло с теоретической точки зрения, данный метод встречает серьезные препятствия в практическом применении, что обусловлено следующими основными причинами:

* Высокая чувствительность получаемого результата по методу Монте-Карло к законам распределения вероятностей и видам зависимостей входных переменных инвестиционного проекта [18,20];
* Несмотря на то, что современные программные средства позволяют учесть законы распределения вероятностей и корреляции десятков входных переменных, между тем оценить их достоверность в практическом исследовании обычно не представляется возможным, так как, в большинстве случаев, аналитики измеряют вариации основных переменных макро- и микросреды, подбирают законы распределения вероятностей и статистические связи между переменными субъективно, поскольку получение качественной статистической информации не представляется возможным по самым различным причинам (временным, финансовым и т.д.) [6], особенно для уникальных ИП в реальном секторе экономики;
* Вследствие двух вышеописанных причин, точность результирующих оценок, полученных по данному методу, в значительной степени зависит от качества исходных предположений и учета взаимосвязей входных переменных, что может привести к значимым ошибкам в полученных результатах (например, переоценке или недооценке риска ИП), а, следовательно, к принятию ошибочного инвестиционного решения;

Таким образом, проведенный анализ традиционных методов оценки эффективности ИП в условиях риска и неопределенности свидетельствует об их теоретической значимости, но ограниченной практической применимости для анализа эффективности и риска ИП из-за большого числа упрощающих модельных предпосылок, искажающих реальную среду проекта.

**2. Применение теории нечетких множеств в оценке экономической эффективности и риска инвестиционных проектов в условиях неопределенности**

Обширная практика проведения реальных прогнозных расчетов ИП свидетельствует о необходимости всестороннего учета различных видов неопределенности при оценке, планировании и управлении инвестиционными проектами. Действительность такова, что влияние факторов неопределенности на ИП приводит к возникновению непредвиденных ситуаций, приводящих к неожиданным потерям, убыткам, даже в тех проектах, которые первоначально признаны экономически целесообразными для предприятия, поскольку не учтенные в ИП негативные сценарии развития событий, пусть и малоожидаемые, тем не менее, могут произойти и сорвать реализацию инвестиционного проекта [12,24,25]. Учет неопределенности информации и его эффективность напрямую зависят от выбора математического аппарата, определяемого математической теорией. Этап обоснования и выбора математического аппарата, обеспечивающего приемлемую формализацию неопределенности и адекватное решение задач, возникающих при управлении реальными инвестициями, является крайне важным. Необоснованный и как, следствие, не правильный выбор математического аппарата, в основном, приводит к неадекватности созданных математических моделей, получению неверных результатов в процессе их применения и, соответственно, возникает недоверие к полученным результатам, и игнорируются выводы на их основе.

Выше проведенный анализ методов количественной оценки эффективности ИП в условиях неопределенности позволяет сделать вывод, что существующие методы, либо элиминируют неопределенность из модели ИП, что неправомерно, так как неопределенность является неотъемлемой характеристикой любого прогноза, либо неспособны формально описать, и учесть все возможное разнообразие видов неопределенности. Подавляющее большинство методов формализует неопределенности лишь в качестве распределений вероятностей, построенных на основе субъективных экспертных оценках, что в очень большом количестве случаев является явно идеализированным. Таким образом, в данных методах неопределенность, независимо от ее природы, отождествляется со случайностью [22], и поэтому они не позволяют учесть все возможное разнообразие видов неопределенностей воздействующих на ИП. Как уже отмечалось, использование вероятностного подхода в инвестиционном анализе затрудняется причинами, связанными с отсутствием статистической информации или малым (недостаточным) размером выборки по некоторым из параметров ИП, что обусловлено уникальностью каждого ИП. Кроме того, точность оценки вероятностей (объективных и субъективных) зависит от множества факторов, начиная от качества статистической информации и заканчивая качеством экспертных оценок, поэтому и качество результирующей оценки эффективности и риска ИП слишком сильно зависит от них, что послужило росту недоверия к получаемым на их основе прогнозным оценкам и решениям. В связи с этим среди топ-менеджеров, банкиров, финансистов сложилось мнение, что подавляющее большинство прогнозных расчетов слишком идеализированы и далеки от практики. Многие предпочитают работать на основе опыта и интуиции. По мнению автора, это обусловлено, в том числе следующими основными причинами [12,13]:

* спецификой предметной области исследования, так как она находится на стыке современной прикладной математики, экономики и психологии;
* относительной новизной и недостаточной проработанностью математических методов анализа ИП в условиях неопределенности;
* низкой осведомленностью топ-менеджеров предприятий и специалистов в области финансов о новых математических подходах формализации и одновременной обработки разнородной информации (детерминированной, интервальной, лингвистической, статистической) и о возможностях построения на базе этих подходов специализированных методик.

Обширный опыт отечественных и зарубежных исследователей убедительно свидетельствует о том, что вероятностный подход не может быть признан надежным и адекватным инструментом решения слабоструктурированных задач [6,8,9,20,21], к которым принадлежат и задачи управления реальными инвестициями. В принципе, любая попытка использования статистических методов для решения такого рода задач есть не что иное, как редукция к хорошо структурированным (хорошо формализованным) задачам, при этом такого рода редукция существенно искажает исходную постановку задачи. По мнению автора, ограничения и недостатки применения «классических» формальных методов при решении слабоструктурированных задач являются следствием сформулированного основоположником теории нечетких множеств Л.А. Заде [37] «принципа несовместимости»: «...чем ближе мы подходим к решению проблем реального мира, тем очевиднее, что при увеличении сложности системы наша способность делать точные и уверенные заключения о ее поведении уменьшаются до определенного порога, за которым точность и уверенность становятся почти взаимоисключающими понятиями» [16,17].

Поэтому некоторыми зарубежными и отечественными исследователями разрабатываются методы оценки эффективности и риска инвестиционных проектов на основе аппарата ТНМ [8,9,10,12,13,21,24,27,32,34,35,36]. В данных методах вместо распределения вероятности применяется распределение возможности, описываемое функцией принадлежности нечеткого числа.

**Методы, базирующиеся на теории нечетких множеств**, относятся к методам оценки и принятия решений в условиях неопределенности. Их использование предполагает формализацию исходных параметров и целевых показателей эффективности ИП (в основном, *NPV*) в виде вектора интервальных значений (нечеткого интервала), попадание в каждый интервал которого, характеризуется некоторой степенью неопределенности. Осуществляя арифметические и др. операции с такими нечеткими интервалами по правилам нечеткой математики, эксперты и ЛПР получают результирующий нечеткий интервал для целевого показателя [12,21,27,29]. На основе исходной информации, опыта, и интуиции эксперты часто могут достаточно уверенно количественно охарактеризовать границы (интервалы) возможных (допустимых) значений параметров и области их наиболее возможных (предпочтительных) значений.

Также к методам, базирующихся на теории нечетких множеств, можно, в качестве частного случая, отнести давно и широко известный *интервальный метод* [6,7,27]. Данный метод соответствует ситуациям, когда достаточно точно известны лишь границы значений анализируемого параметра, в пределах которых он может изменяться, но при этом отсутствует какая-либо количественная или качественная информация о возможностях или вероятностях реализации различных его значений внутри заданного интервала. В соответствии с данным методом, входные переменные ИП задаются в виде интервалов, функции принадлежности которых, являются классическими характеристическими функциями множества, поэтому далее возможно прямое применение правил нечеткой математики для получения результирующего показателя эффективности ИП в интервальном виде. В интервальном методе за уровень (степень) риска предлагается принимать размер максимального ущерба, приходящегося на единицу неопределенности [6], т.е.:

 **(1.2)** или  ,  **(1.3)**

где  – требуемое значение параметра;

 – минимальное значение параметра;

 – максимальное значение параметра;

 – уровень (степень) риска, или отношение расстояния от требуемой величины до ее минимального (максимального) значения к интервалу между ее максимальным и минимальным значениями.

Конкретный вариант выражения **(1.2)-(1.3)** зависит от используемого критерия эффективности. Например, для оценки риска ИП по критерию *NPV* необходимо использовать выражение **(1.2)**, по критерию *DPP* - **(1.3)**. Такой способ определения риска полностью согласуется с геометрическим определением вероятности, однако при предположении, что все события внутри отрезка  равновероятны. Очевидно, что данное предположение нельзя назвать отражающим реальную действительность.

При наличии дополнительной информации о значениях параметра внутри интервала, когда, например, известно, что значение *a* более возможно, чем *b,* математическая формализация неопределенностей может быть адекватно реализована с помощью нечетко-интервального подхода. При использовании математического аппарата ТНМ экспертам необходимо формализовать свои представления о возможных значениях оцениваемого параметра ИП в терминах задания характеристической функции (функции принадлежности) множества значений, которые он может принимать. При этом от экспертов требуется указать множество тех значений, которые, по их мнению, оцениваемая величина не может принять (для них характеристическая функция равна 0), а затем, проранжировать множество возможных значений по степени возможности (принадлежности к данному нечеткому множеству). После того как формализация входных параметров инвестиционного проекта произведена, можно рассчитать распределение возможности  выходного параметра (показателя эффективности ИП)  по «-уровнему принципу обобщения» или «принципу обобщения Заде»:

 (1.4)

где  - возможность того, что нечеткая величина  примет значение ;  - функциональная зависимость выходного параметра ИП (*NPV, PI, DPP, IRR, MIRR* и др.) от входных параметров.

Ниже перечислены основные преимущества нечетко-интервального подхода к оценке эффективности и риска инвестиционных проектов по сравнению с вышеперечисленными методами [12]:

1. Данный подход позволяет формализовать в единой форме и использовать всю доступную неоднородную информацию (детерминированную, интервальную, статистическую, лингвистическую) [1,12,14], что повышает достоверность и качество принимаемых стратегических решений;
2. В отличие от интервального метода, нечетко-интервальный метод аналогично методу Монте-Карло [12], формирует полный спектр возможных сценариев развития ИП, а не только нижнюю и верхнюю границы [24], таким образом, инвестиционное решение принимается не на основе двух оценок эффективности ИП, а по всей совокупности оценок.
3. Нечетко-интервальный метод позволяет получить ожидаемую эффективность ИП как в виде точечного значения, так и в виде множества интервальных значений со своим распределением возможностей, характеризующимся функцией принадлежности соответствующего нечеткого числа [12], что позволяет оценить интегральную меру возможности получения отрицательных результатов от ИП, т.е. степень риска ИП [25].
4. Нечетко-интервальный метод не требует абсолютно точного задания функций принадлежности, так как в отличие от вероятностных методов [18], результат, получаемый на основе нечетко-интервального метода, характеризуется низкой чувствительностью (высокой робастностью (устойчивостью)) к изменению вида функций принадлежности исходных нечетких чисел [1,4,12,14], что в реальных условиях низкого качества исходной информации делает применение данного метода более привлекательным;
5. Вычисление оценок показателей ИП на основе нечетко-интервального метода оказывается эффективным в ситуациях, когда исходная информация, основана на малых статистических выборках, т.е. в случаях, когда вероятностные оценки не могут быть получены, что всегда имеет место при предварительной оценке долгосрочных инвестиций и достаточно часто — при последующем перспективном анализе, проводимом при отсутствии достаточной информационной базы [12,29];
6. Реализация нечетко-интервального метода на основе интервальной арифметики, предоставляет широкие возможности для применения данного метода в инвестиционном анализе, что обусловлено фактически отсутствием конкурентоспособных подходов к созданию надежного (в смысле гарантированности) и транспортабельности (по включению) инструментального средства для решения численных задач [1].
7. Характеризуется простотой выявления экспертных знаний [12,27];

Также нечетко-интервальный подход имеет преимущества в решении задач формирования оптимального портфеля инвестиционных проектов. Для решения задачи формирования оптимального портфеля ИП разработано большое количество моделей формирования оптимального портфеля ИП [5,6,29], отличающихся друг от друга видом целевых функций, свойствами переменных, используемыми математическими методами, учетом неопределенности. Как правило, для решения данной задачи используется аппарат линейного математического программирования в условиях определенности исходной информации: задача формулируется обычно как задача максимизации (или минимизации) заданной функции на заданном множестве допустимых альтернатив, которое описывается системой равенств или неравенств. Например,

, при ограничениях , , , **(1.5)**

где - заданное множество альтернатив,  и  - заданные функции.

В качестве параметров целевой функции  для задачи формирования оптимального портфеля ИП используются различные интегральные показатели эффективности ИП, однако, несмотря на определенные преимущества и недостатки каждого из показателей, многие исследователи склоняются к тому, что наиболее предпочтительным представляется использование *NPV* в качестве параметров целевой функции [6,8,9], прежде всего потому, что *NPV* обладает свойством аддитивности, что дает возможность оценить доходность всего портфеля ИП как сумму доходностей отдельных ИП, образующих данный портфель. Возможны различные варианты постановки задачи формирования оптимального портфеля ИП. Чаще всего, экономический смысл целевой функции  состоит в максимизации экономического эффекта от инвестиционной деятельности, а смысл ограничений , налагаемых на множество допустимых решений задачи, отражает ограниченность денежных средств с учетом возможности различных бюджетных ограничений для каждого из временных отрезков действия проекта.

Так как стратегические решения, в том числе связанные с формированием оптимального портфеля инвестиционных проектов, направлены на долгосрочную перспективу и, следовательно, по своей природе сопряжены со значительной неопределенностью, а также имеют значительную субъективную составляющую, поэтому применение нечеткого математического программирования к решению задачи формирования оптимального портфеля ИП обладает многими преимуществами [8,9].

В качестве примера можно рассмотреть ситуацию, в которой множество допустимых альтернатив (инвестиционных проектов) представляет собой совокупность всевозможных способов распределения ресурсов, которые ЛПР собирается вложить с целью формирования оптимального инвестиционного портфеля. Очевидно, что, в этом случае, нецелесообразно заранее вводить четкую границу для множества допустимых альтернатив (например, четких ограничений на размер инвестиционного бюджета предприятия в период ), поскольку может случиться так, что распределения ресурсов (инвестиционные проекты), незначительно лежащие за этой границей (т.е. вне ограничений), дадут эффект, «перевешивающий» меньшую желательность (например, по размеру инвестиционных затрат) этих распределений для ЛПР. Таким образом, нечеткое описание оказывается более адекватным реальности, чем в определенном смысле произвольно принятое четкое описание задачи [8,9].

Формы нечеткого описания исходной информации в задачах принятия решений могут быть различными; отсюда и различия в математических формулировках соответствующих задач нечеткого математического программирования (НМП) [8,9].

Таким образом, сравнительный анализ традиционных методов оценки эффективности долгосрочных инвестиций, существующих методов формирования оптимального портфеля ИП и нечетко-интервального метода показал, что ТНМ является одной из наиболее эффективных математических теорий, направленных на формализацию и обработку неопределенной информации и во многом интегрирующей известные подходы и методы. ТНМ в очередной раз подтверждает широко известную исследователям истину: применяемый формальный аппарат по своим потенциальным возможностям и точности должен быть адекватен семантике, и соответствовать точности используемых исходных данных. Поэтому методы математического анализа эффективно применяются при точных исходных данных. Математическая статистика и теория вероятностей используют экспериментальные данные, обладающие строго определенной точностью и достоверностью. Теория нечетких множеств позволяет обрабатывать разнородную информацию [12,13,14], характерную для реальных задач инвестиционного анализа.

**Библиографический список литературы**

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. - Тюмень: Изд-во ТГУ, 2000. - 352 с.
2. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов. - М.: ЮНИТИ, 1997. - 345 с.
3. Бланк И.А., Основы финансового менеджмента. Т.2. - К.: Ника-Центр, Эльга, 2001. – 512 с.
4. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М: Радио и связь. 1989. – 304с.
5. Бузырев В.В., Васильев В.Д., Зубарев А.А. Выбор инвестиционных решений и проектов: оптимизационный подход. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 1999. – 224 с.
6. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. - М.: Дело, 2004. – 888 с.
7. Вощинин А.П. Задачи анализа с неопределенными данными – интервальность и/или случайность? // Интервальная математика и распространение ограничений: Рабочие совещания. – МКВМ-2004, с. 147-158.
8. Деревянко П.М. Элементы нечеткой логики при формировании инвестиционного портфеля // Экономика и инфокоммуникации в XXI веке: Труды II-й международной научно-практической конференции. 24-29 ноября 2003г. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. - с. 317-319.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: http://fuzzylib.narod.ru/ E-mail: paveldrn@mail.ru
9. Деревянко П.М. Нечетко-логический подход к формированию инвестиционного портфеля // Инструментальные методы в экономике: Сборник научных трудов. - СПб.: СПбГИЭУ, 2004. - с. 117-123.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: http://fuzzylib.narod.ru/ E-mail: paveldrn@mail.ru
10. Деревянко П.М. Оценка риска неэффективности инвестиционного проекта с позиций теории нечетких множеств // Мягкие вычисления и измерения (SCM’2004): VII международная конференция 17-19 июня 2004 г. - СПб.: СПбГЭТУ, 2004. - с. 167-171.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: http://fuzzylib.narod.ru/ E-mail: paveldrn@mail.ru
11. Деревянко П.М. Применение теории нечетких множеств в финансовом и инвестиционном анализе деятельности предприятия в условиях неопределенности // Менеджмент и экономика в творчестве молодых исследователей ИНЖЭКОН - 2005. VIII научно-практическая конференция студентов и аспирантов СПбГИЭУ 19-20 апреля 2005 г.: Тезисы докладов. - СПб.: СПбГИЭУ, 2005. - с. 98-99.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: http://fuzzylib.narod.ru/ E-mail: paveldrn@mail.ru
12. Деревянко П.М. Сравнение нечеткого и имитационного подхода к моделированию деятельности предприятия в условиях неопределенности // Современные проблемы экономики и управления народным хозяйством: Сб. научн. статей. Вып. 14. – СПб.: СПбГИЭУ, 2005. - с. 289-292.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: http://fuzzylib.narod.ru/ E-mail: paveldrn@mail.ru
13. Деревянко П.М. Нечеткое моделирование деятельности предприятия и оценка риска принятия стратегических финансовых решений в условиях неопределенности // Современные проблемы прикладной информатики: I научно-практическая конференция 23-25 мая 2005 г.: Сб. докл. - СПб.: СПбГИЭУ, 2005. - с. 81-83.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: http://fuzzylib.narod.ru/
14. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике: Пер. с фр. - М: Радио и связь. 1990. – 288 с.: ил.
15. Ендовицкий Д.А. Комплексный анализ и контроль инвестиционной деятельности: методология и практика / Под ред. проф. Л.Т. Гиляровской. – М.: Финансы и статистика, 2001. - 400 с.: ил.
16. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений.- В кн.: Математика сегодня. - М.: Знание, 1974, с.5-49.
17. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. - 165 с.
18. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. - Классика CS. 3-е изд. - СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. - 847 с.
19. Ковалев В.В. Введение в финансовый менеджмент. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 768 с.: ил.
20. Количественные методы в экономических исследованиях / Под ред. М.В. Грачевой и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 791 с.
21. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями: Пер. с исп. – Мн.: Вышэйшая школа, 1992. - 224 с.
22. Кравец А.С. Природа вероятности. - М.: Мысль, 1976. - 173 с.
23. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, № ВК 477 от 21.06.99 г., утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительству, архитектуре и жилищной политике.
24. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. – СПб.: Типография «Сезам», 2002. – 181 с.
25. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы. – СПб., 2004.
26. Норткотт Д. Принятие инвестиционных решений: Пер. с англ. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 247 с.
27. Севастьянов П.В., Севастьянов Д.П. Оценка финансовых параметров и риска инвестиций с позиций теории нечетких множеств // "Надежные программы", 1997, №1, с. 10-19.
28. Федеральный закон “Об инвестиционной деятельности в РФ, осуществляемой в форме капитальных вложений” от 25 февраля 1999 г. №39-ФЗ
29. Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций. – СПб.: Питер, 2004. - 464 с.: ил.
30. Чернов В.А. Инвестиционная стратегия. - М.: ЮНИТИ-Дана, 2003.– 158 с.
31. Шарп У., Александер Г., Бейли Дж. Инвестиции: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 1028 с.
32. Buckley J.J. The Fuzzy Mathematics of Finance // Fuzzy Sets and Systems, 1987, N21, pp. 257-273.
33. Hurwicz L. Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance // Cowles commission papers, 1951, №370.
34. Kahraman C., Ruan D., Tolga E. Capital Budgeting Techniques Using Discounted Fuzzy versus Probabilistic Cash Flows // Information Sciences, 2002, №142, pp. 57-76.
35. Li Calzi M. Towards a General Setting for the Fuzzy Mathematics of Finance // Fuzzy Sets and Systems, 1990, №35, pp. 265-280.
36. Ward T.L. Discounted Fuzzy Cashflow Analysis // Proceedings of Fall Industrial Engineering Conference, 1985, pp.476 –481.
37. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control, 1965, Vol.8, №3, pp. 338-353.