

Научная статья

УДК 378

doi: 10.20323/1813-145X-2021-5-122-78-87

Инструментальное средство PrecisionTree в системе прикладной математической подготовки будущего экономиста

Дмитрий Анатольевич Власов

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры математических методов в экономике ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова». 117997, г. Москва, Стремянный пер., д. 36
DAV495@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9763-9078>

Аннотация. Построение и исследование моделей экономических ситуаций в виде деревьев решений – профессионально значимая учебная тема, нашедшая отражение в дисциплинах «Теория принятия решений», «Теория игр», «Математические основы финансовых решений», преподаваемых в экономических университетах. Информатизация учебного процесса на основе нового инструментального средства PrecisionTree позволяет осуществить не только полный количественный анализ рассматриваемой экономической ситуации, но и первичный визуальный анализ решений по данным, представленным в электронной таблице MS Excel, без привлечения количественных характеристик для уточнения множества возможных исходов и их возможных последствий.

В статье показано, как использование инструментального средства PrecisionTree в рамках преподавания учебной дисциплины «Теория принятия решений» в Институте математики, информационных систем и цифровой экономики РЭУ им. Г. В. Плеханова позволяет развивать компетенции студентов экономического бакалавриата в области новых задач теории принятия решений, возникающих в результате профессиональной деятельности реальных экономических агентов (предпринимателей, фирм-производителей, инвесторов и т. д.), познакомить с механизмами выбора оптимального варианта решения и инструментальной реализацией обоснования этого выбора. Выделенные пять методических особенностей позволяют в полной мере раскрыть исследовательский и дидактический потенциал инструментального средства PrecisionTree в практике профессиональной подготовки будущего экономиста. Кроме того, тринадцать инструментов, возможности которых раскрыты в данной статье, позволяют по-новому организовать учебно-познавательную деятельность студента экономического бакалавриата.

Ключевые слова: цифровизация, математическая подготовка, бакалавр экономики, принятия решений, дерево решений, моделирование, методические особенности, педагогическое проектирование

Для цитирования: Власов Д. А. Инструментальное средство PrecisionTree в системе прикладной математической подготовки будущего экономиста // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 5 (122). С. 78-87. <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-5-122-78-87>.

Original article

PrecisionTree tool in future economist's applied mathematical training system

Dmitry A. Vlasov

Candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of mathematical methods in economics, Russian university of economics named after G. V. Plekhanov. 117997, Moscow, Stremyanny lane, 36
DAV495@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9763-9078>

Abstract. The construction and study of models of economic situations in the form of decision trees is a professionally significant educational topic, which is reflected in the disciplines «Decision Theory», «Game Theory», «Mathematical Foundations of Financial Decisions», etc. Informatization of the educational process based on the new PrecisionTree tool allows not only a complete quantitative analysis of the economic situation under consideration, but also a primary visual analysis of decisions based on the data presented in the MS Excel spreadsheet without involving quantitative characteristics to clarify many possible outcomes and their possible consequences. The article shows how the use of the PrecisionTree tool as part of the teaching of the academic discipline «Theory of Decision Making» at the Institute of Mathematics, Information Systems and Digital Economics in Plekhanov REU allows you to introduce students of an economic undergraduate to new problems of decision theory arising from the professional activities of

real economic agents (entrepreneurs, manufacturing firms, investors, etc.), mechanisms for choosing the optimal solution and instrumental implementation of the justification of this choice. The identified five methodological features make it possible to fully unleash the research and instrumental potential of the PrecisionTree tool in the practice of training the future economist. In addition, thirteen tools, the possibilities of which are disclosed in this article, allow us to organize the educational and cognitive activities of a student of an economic bachelor's degree in a new way.

Keywords: digitalization, mathematical training, bachelor's degree in economics, decision making, decision tree, modeling, methodological features, pedagogical design

For citation: Vlasov D. A. PrecisionTree tool in future economist's applied mathematical training system. *Yaroslavl pedagogical bulletin*. 2021;(5):78-87. (In Russ.). 10.20323/1813-145X-2021-5-122-78-87

Введение

Согласно теории принятия решений, деревья решений представляют собой количественные диаграммы, содержащие узлы и ветви. Благодаря этим особым объектам можно *анализировать различные варианты, пути принятия решений и учитывать воздействие случайных событий* [Трифонов, 2015, с. 133]. К таким событиям относятся изменение спроса на производимый товар, действия конкурентов, социально-политические изменения, технологические риски, изменения курсов национальных валют и др. Формализация задачи принятия решений в виде дерева решений позволяет исследователям, в роли которых могут выступать и студенты экономического бакалавриата, *проанализировать полезность* всех альтернатив, доступных лицу, принимающему решения (ЛПР), а также *выбрать оптимальный вариант* в соответствии с предпочтительным критерием оптимальности.

В условиях высокой волатильности в экономике и бизнесе возрастает потребность в применении количественных методов и математического моделирования с целью *увеличения прибыли и поиска новых направлений для обеспечения экономического роста*. Не вызывает сомнений, что качество принимаемых решений в различных областях хозяйственно-экономической деятельности зависит от используемых механизмов идентификации и преодоления риска, привлечения и анализа адекватных статистических данных, использования моделирования на основе нейронных сетей и классической оптимизации. Однако многие предприниматели продолжают избегать сложную аналитику, игнорируют или поверхностно используют математические и инструментальные методы принятия решений.

Профессиональная подготовка будущего экономиста в системе непрерывного экономического образования *требует не только пересмотра содержания математических дисциплин, но и более активного и методически целесообразного применения новых цифровых инструментальных средств*. Богатый выбор цифровых программных

продуктов, предоставляемый корпорацией *Palisade*, охватывает содержание практически всех профессионально значимых задач учебных дисциплин, связанных с математическими методами в экономике, таких как «Теория игр», «Теория риска», «Методы оптимизации», «Теория оптимального управления», «Теория принятия решений», «Численные методы», «Вычислительная математика» и др. Практика внедрения новых цифровых инструментальных средств в учебный процесс, некоторые результаты которой представлены в нашей публикации [Власов, 2018а, с. 103], позволяет сделать вывод об их высокой востребованности для обеспечения поддержки различных этапов учебно-познавательной деятельности студентов экономического бакалавриата. Заметим, что более 95 % студентов (в опросе участвовали 320 студентов, обучающихся по направлениям «Математические методы в экономике», «Прикладная математика и информатика», «Экономика») заинтересованы не только в знакомстве, но и в освоении новых инструментальных средств, сочетающих передовые цифровые технологии и аналитические алгоритмы, хорошо себя зарекомендовавшие в практике принятия решений.

Ранее в работах автора отмечалось, что внедрение программных продуктов, предоставляемых корпорацией *Palisade*, позволяет расширить представления студентов о задачах увеличения прибыли, максимизации производительности, повышения эффективности хозяйственно-экономической деятельности [Власов, 2018б, с. 132]. Необходимо подчеркнуть особую роль, которую инструментальные средства играют *в решении сложных, многокритериальных задач принятия решений*, в частности – задач минимизации риска при одновременной максимизации дохода. Содержание данной статьи позволяет *расширить представления о практике использования цифровых инструментальных средств* компании *Palisade* в системе прикладной математической подготовки будущих бакалавров экономики, рассматриваемой нами как часть профессиональной.

Ранее было показано, что использование @RISK с задачами на анализ рисков ситуаций, Evolver – с задачами на оптимизацию позволяет по-новому формировать ключевые и предметные компетенции выпускников экономического университета, акцентируя внимание на инновационных компонентах их профессиональной компетентности. В рамках данной статьи будут проанализированы возможности использования PrecisionTree для организации учебно-познавательной деятельности студентов с задачами на принятие решений в рамках учебной дисциплины «Теория принятия решений».

Методы исследования:

– Методы теории педагогических технологий и теории проективной деятельности, позволяющие реализовать принципы интеграции цифровых и педагогических технологий [Монахов, 2006, с. 255], выявить новые закономерности учебного процесса [Хуторской, 2005], выделить и учесть организационно-методические особенности, раскрывающие дидактический [Муханов, 2014] и исследовательский потенциал новых цифровых инструментальных средств.

– Приемы и принципы цифровизации различных педагогических объектов, выступающие ориентирами в педагогическом проектировании [Введение в синергию ... , 2017, с. 52], инструментами решения частных методических задач [Муханов, 2020], позволяющие совершенствовать электронные образовательные курсы [Феклин, 2014], активно внедряемые в высшей экономической школе.

– Подходы к управлению качеством математического образования в высшей школе и методы оценки качества математического образования, основу которых составляют сопоставление образовательных результатов с ранее разработанными эталонами [Карасев, 2017], использование содержательной интерпретации получаемых результатов оценки качества [Реморенко, 2020], разработка программ развития на новых методологических основах [Тестов, 2008].

Результаты и их обсуждение

Особенность инструментального средства PrecisionTree, которое является специальной надстройкой в MS Excel, заключается в том, что оно помогает студентам экономического бакалавриата в рамках учебного процесса обращаться к сложным моделям принятия решений, предполагающим поэтапное развитие экономической ситуации в направлении от простой, примитив-

ной к более адекватной, продвинутой модели. С позиций теории игр данные модели представляют собой позиционные игры.

Благодаря возможности визуализации множества стратегий ЛППР и их последствий, организации и анализа решений с использованием дерева принятия решений данное инструментальное средство нашло широкое применение в практике хозяйственно-экономической деятельности. С математической точки зрения под деревом решений принято понимать граф особого вида – связный ациклический граф.

С помощью надстройки PrecisionTree в MS Excel можно просматривать и анализировать количественную характеристику каждого узла дерева решений и учитывать вероятность каждого возможного пути через дерево решений. В роли количественной характеристики при этом может выступать доход, полезность, эффективность, надежность, риск, ущерб, издержки и т. д. Заметим, что при работе с разными критериями необходимо обратить внимание студентов на направление оптимизации (в частности, доходность требуется максимизировать, в то время как риски требуется минимизировать [Сухорукова, 2020а, с. 55]).

Методическую доступность PrecisionTree обуславливает то, что функции этого инструментального средства могут быть внесены в любую ячейку электронной таблицы и в количественный анализ будут включены параметры в виде ссылок на числовые данные и формулы в ячейках. Эта особенность обеспечивает существенную гибкость процесса построения моделей принятия решений по экспериментальным данным, в том числе расположенным на разных листах MS Excel. Другими словами, первым этапом решения задачи может быть определение значений количественной характеристики и соответствующих вероятностей. Вторым – построение дерева решений на их основе. Третьим – анализ дерева решений, выработка рекомендаций по принятию решений.

Остановится на механизмах исследования задачи принятия решений в инструментальном средстве PrecisionTree более подробно. Важно отметить, что после указания параметров модели PrecisionTree самостоятельно определяет наилучшее решение для каждого узла (соответствующему определенному этапу развития рассматриваемой ситуации) и выделяет ветвь «True», соответствующую этому оптимальному решению. Заметим, что есть возможность рас-

смотреть два принципиальных варианта задач принятия решений: первый вариант предполагает максимизацию количественной характеристики, второй – минимизацию количественной характеристики. В случае, если рассматривается многокритериальная задача теории принятия решений, необходимо предварительно свести ее к одному критерию. С этой целью, например, можно использовать прием линейной свертки критериев.

После завершения работы с деревом решений инструментальное средство *PrecisionTree* предоставляет студенту экономического бакалавриата *исчерпывающий статистический отчет*, в котором представлено оптимальное решение и выполнено его сравнение с альтернативными решениями.

Заметим, что компания *Palisade* постоянно обновляет и совершенствует свои программные продукты, увеличивая стабильность их работы и добавляя новые возможности. Среди расширенных возможностей последней версии *PrecisionTree* укажем *инструмент построения графика распределения риска*, позволяющего сопоставить полезности и риски, соответствующие всевозможным вариантам решения. Чтобы студент экономического бакалавриата мог работать с графиком распределения риска, он должен иметь представления о механизмах учета склонности экономического агента (игрока) к риску. Другими словами, расширенный вариант анализа большинства задач теории принятия решений предполагает выбор оптимального решения (стратегии) с учетом склонности к риску лица, принимающего решение. С целью реализации расширенных возможностей новой версии *PrecisionTree* в практике профессиональной подготовки будущего бакалавра экономики нами *разработан банк типовых вероятностных и кумулятивных диаграмм*, наглядно демонстрирующих студентам вероятности различных результатов, а также позволяющих сделать акцент на альтернативах, характеризующихся желаемым значением количественной характеристики.

Методическая особенность 1. *Инструментальное средство PrecisionTree позволяет работать с моделями, созданными предварительно в электронных таблицах MS Excel.* В частности, *PrecisionTree* поддерживает работу с данными, содержащимися на нескольких листах *MS Excel* и отражающими, например, динамику спроса на производимый товар (прогнозируемые на основе анализа динамического ряда данных и теории

марковских процессов [Сухорукова, 2021, с. 33]), рисковые характеристики финансовых инструментов (получаемые на основе построения функций распределения рисков и применения портфельной теории [Сухорукова, 2020б, с. 30]) и др. Благодаря этой выявленной методической особенности у преподавателей прикладных математических дисциплин, к которым относится дисциплина «Теория принятия решений», появляется реальная возможность включения в учебный процесс новых прикладных задач интегративного характера.

Методическая особенность 2. *Инструментальное средство PrecisionTree поддерживает визуальное отображение решений.* Так, студенты в процессе анализа модели экономической ситуации в виде дерева решений получают возможность отобразить все дерево решений, рассматривая все возможные стратегии и их исходы, а также скрыть часть дерева. При этом скрытый участок будет все равно проанализирован инструментальным средством, то есть продолжит участвовать в анализе экономической ситуации. Заметим, что даже визуализация множества стратегий ЛППР, множества состояний среды, объединяющей такие факторы, как спрос, действия конкурентов, изменения в социально-политической сфере, инфляция и т. д., позволяет исследователю более глубоко проникнуть в суть принимаемых решений.

Методическая особенность 3. *Инструментальное средство PrecisionTree предоставляет возможность количественного анализа всех возможных сценариев развития ситуации с учетом наступления различных случайных событий.* К таким событиям относятся рост или падение платежеспособного спроса, действия конкурентов, увеличение или уменьшение курса рубля по отношению к другим валютам и т. д. Таким образом доступна не только визуализация, но и продвинутый количественный анализ каждого возможного исхода с учетом имеющейся ситуации. Подход, реализуемый создателями данного инструментального средства, позволяет познакомить студентов экономического бакалавриата с механизмами принятия решений как *в условиях частичной неопределенности* (условиях риска), так и *в условиях полной неопределенности*. В первом случае предварительно в *MS Excel* должны быть внесены значения вероятностей случайных событий, проявляющихся в рассматриваемой экономической ситуации. Во втором случае эти события признаются равновероятными, то есть

предполагается, что нет оснований считать, что одно состояние среды более вероятно, чем другое.

Методическая особенность 4. *Инструментальное средство PrecisionTree позволяет выбрать оптимальный вариант решения с полной уверенностью, при условии, что правильно построены и количественно оценены множества стратегий ЛПР*, являющегося игроком в рамках рассматриваемой позиционной игры, и множества возможных исходов. У преподавателей математических дисциплин появляется возможность даже в условиях сокращения часов на аудиторную нагрузку продемонстрировать механизмы решения задач двух групп: задачи первой группы предполагают *максимизацию полезности*, задачи второй группы – *минимизацию риска*. Выявленная методическая особенность позволяет расширить представления студентов о критериях принятия решений, а также подойти к постановке многокритериальных задач теории принятия решений. Важно отметить, что анализ экономической ситуации с позиций различных критериев позволяет расширить представления студентов об оптимальных решениях, отойти от примитивного и ограниченного анализа экономических ситуаций. На необходимость развития данного направления указывается в публикации [Тихомиров, 2007, с. 50].

Методическая особенность 5. *Инструментальное средство PrecisionTree позволяет передавать найденные пути принятия решений другим пользователям.* Созданная студентом в процессе работы модель в виде дерева решений может быть передана другим пользователям (студентам-одногоруппникам для последующего обсуждения, преподавателю для проверки и др.), также к ней можно вернуться в процессе следующего аудиторного занятия и внеаудиторной самостоятельной работы. Благодаря данной методической особенности постоянно *пополняется банк типовых задач социально-экономического содержания*, требующих применения метода дерева решений не только посредством рассмотрения новых социально-экономических ситуаций, но и уточнения уже проанализированных. Мы рекомендуем придерживаться следующей схемы: уточнение факторов и связей в рамках анализируемой ситуации – коррекция ранее созданного дерева решений, определение оптимального решения по выбранному критерию, сравнение полученного на этом этапе решения с ранее полученным решением, соответствующим более про-

стой формализации социально-экономической ситуации. Не менее интересной представляется и обратная задача, включение которой в прикладную математическую подготовку будущего экономиста стало возможным благодаря развитию банка типовых задач: сконструировать экономическую ситуацию по заранее построенному дереву решений. Заметим, что на востребованность задачного подхода при обучении различным математическим дисциплинам в высшей школе указывается в работе О. А. Быкановой и Н. В. Филипповой [Быканова, 2019, с. 240].

Для реализации прикладной профессиональной направленности обучения теории принятия решений в высшей экономической школе нами продолжается *разработка банка учебных ситуаций*, по содержанию и методам исследования приближенных к будущей профессиональной деятельности экономиста. Заметим, что значимой тенденцией в сфере профессиональной деятельности выпускника экономического университета является тенденция цифровизации экономики и экономических исследований, проявляющаяся, в частности, в рамках использования инструментальных цифровых средств и цифровых источников данных. Среди наиболее востребованных сюжетов для разработки задач учебной дисциплины «Теория принятия решений» для экономического бакалавриата укажем следующие направления: «Оптимальное управление ресурсами», «Выбор оптимального портфеля», «Количественный анализ реальных опционов», «Оптимизация производства продукции», «Оптимальная стратегия развития проекта».

При анализе различных задач теории принятия решений мы рекомендуем придерживаться следующей последовательности знакомства с возможностями инструментального средства *PrecisionTree*: «Количественный анализ чувствительности модели», «Моделирование процесса принятия решений в виде дерева решений», «Разработка и графическое представление вариантов последовательных решений», «Построение и анализ количественных диаграмм», «Анализ ситуации на основе байесовского подхода», «Построение и анализ графиков совокупного профиля рисков», «Построение и анализ отчетов с обоснованием оптимального решения».

Результаты опытно-экспериментальной работы и содержательно-методический анализ инструментального средства *PrecisionTree* свидетельствуют о его эффективности. Надстройка *MS Excel* для анализа задач теории принятия реше-

ний в виде позиционных игр, ее использование в учебном процессе позволяет студентам экономического бакалавриата в процессе изучения дисциплины «Теория принятия решений» визуально представить множество допустимых решений, определить их наилучшие варианты (одно решение или несколько), а также сохранить полученные результаты для дальнейшего анализа, включения в презентации, статьи, отчеты. Важно отметить, что при использовании инструментального средства *PrecisionTree* каждый студент видит значения полезности (риска) и вероятность каждого возможной ветви и исхода на дереве решений в *MS Excel*.

Благодаря стопроцентной интеграции с электронными таблицами *MS Excel*, уже знакомым студентам экономического бакалавриата, анализ профессионально-ориентированных задач теории принятия решений реализуется без выхода из электронных таблиц. Это позволяет студентам работать в уже изученной среде и быстро приобретать навыки практической работы с новым инструментальным средством *PrecisionTree*.

Остановимся на механизмах работы инструментального средства *PrecisionTree* более подробно. С целью поддержки байесовского подхода в инструментальном средстве *PrecisionTree* создан алгоритм «*Bayesian Revision*», благодаря которому студенту экономического бакалавриата предоставляется возможность обратиться («перевернуть») один или несколько узлов дерева решений. Осуществляется это для того, чтобы показать недостающие вероятности при анализе задачи экономического содержания, вычисленные с помощью правила Байеса. Особую роль данный алгоритм играет в случае, если вероятности отдельных сценариев (состояний среды, действий конкурентов и др.) неизвестны в непосредственной формулировке исследуемой экономической ситуации. В таком случае алгоритм «*Bayesian Revision*» является единственным средством, позволяющим получить исчерпывающую информацию о задаче принятия решения. Более подробно особенности байесовского подхода раскрыты в публикациях А. В. Синчукова [Синчуков, 2020], О. В. Татарникова, Е. В. Шведа [Татарников, 2018].

Расширенные возможности использования *PrecisionTree* позволяют реализовать гибкую настройку дерева решений непосредственно в *MS Excel*, причем эта настройка касается не только используемых данных и стиля оформления, но распространяется и на регулирование глубины построенного графа, коррекции множества его

логических и опорных узлов, обеспечение связей между несколькими деревьями, а также применение пользовательских функций (например, отражающих склонность лица, принимающего решение, к риску).

Анализируя общий интерфейс инструментального средства *PrecisionTree*, следует отметить *интуитивно понятные панели инструментов*, располагающиеся в верхней части окна программы и контекстные меню, позволяющие пользователю конкретизировать поставленную задачу. Заметим, что интерфейс позволяет осуществить простую навигацию по основным инструментам, предоставляя пользователю одновременный доступ к одновременному выполнению нескольких различных задач.

Инструмент 1. «Отчет по профилю рисков» демонстрирует пользователю полезности и риски различных вариантов стратегий из множества допустимых стратегий.

Инструмент 2. «Анализ чувствительности» позволяет пользователю выявить большинство переменных, оказывающих существенное влияние на оптимальность решения. Действительно, интересной исследовательской задачей является определение значений факторов, при которых найденное решение остается оптимальным.

Инструмент 3. «Отчет о предложениях» демонстрирует пользователю множество оптимальных решений и ожидаемые значения количественных характеристик, по которым анализируется решение.

Инструмент 4. «Байесовская ревизия» использует теорему Байеса, заполняя неизвестные параметры узлов дерева решений и показывая пользователю вероятности, определенные с помощью правила Байеса.

Инструмент 5. «Справочные узлы и сворачиваемые ветви» позволяет проводить оптимизацию громоздких деревьев и упрощает навигацию по ним. Заметим, что ветви, которые свернуты пользователем, впоследствии могут быть восстановлены. Кроме того, их сворачивание не влияет на оптимальное решение (они все равно участвуют в анализе).

Инструмент 6. «Логические узлы» позволяет в полной мере раскрыть потенциал условного моделирования (условных вероятностей), отражая в структуре дерева решений все уровни: уровни, на которых решение принимает активный участник экономической ситуации; уровни, на которых решение принимает «Природа» (социально-экономическая среда, конкуренты и т. д.)

Инструмент 7. «Связанные деревья и расчеты полезности». Использование *Visual Basic for Applications*, представляющей собой адаптированную реализацию языка программирования *Visual Basic*, позволяет выполнять сложные оценки полезности принимаемых решений вне самого построенного дерева решений.

Инструмент 8. «Интеграция с инструментальным средством @ RISK» позволяет пользователю совместить исследования ситуации принятия решений с результатами количественного анализа риска в инструментальном средстве @ RISK, используемом для реализации метода Монте-Карло, позволяющего оценить характеристики узлов дерева решений.

Инструмент 9. «Диаграммы влияния» позволяет визуально обобщить процесс принятия решения, распространяя его на новые области дерева решений.

Инструмент 10. «Добавление симметричного поддерева» предоставляет пользователю быстрое создание объемных деревьев, существенно экономящее время на его построение.

Инструмент 11. «Вставка узла» позволяет путем нехитрых манипуляций поместить новый узел между уже существующими узлами дерева решений, то есть корректировать уже построенное дерево решений при необходимости.

Инструмент 12. «Копирование изображения дерева решений в буфер обмена» обеспечивает копирование и вставку любого фрагмента дерева решений в *MS Word*, *MS PowerPoint* или другое приложение для формирования отчетов и создания презентаций.

Инструмент 13. «Количество узлов дерева» позволяет расширить количество узлов дерева до 1000 узлов на дерево в случае перехода от учебной к профессиональной версии цифрового инструментального средства.

Заключение

Важной исследовательской особенностью *PrecisionTree* является возможность этого инструментального средства для повышения качества принимаемых решений в различных областях хозяйственно-экономической деятельности. При этом *PrecisionTree* является частью комплексной цифровой платформы, позволяющей рассматривать одну прикладную задачу социально-экономической тематики с различных точек зрения, используя различные методы, и сопоставлять полученные результаты с точки зрения практического применения. Заметим, что цифровые продукты компании *Palisade* постоянно об-

новляются и совершенствуются, в том числе и в направлении упрощения взаимодействия с пользователем.

Направленность инструментального средства *PrecisionTree* на визуализацию процесса принятия решений и его последующий количественный анализ обеспечивает знакомство студентов экономического бакалавриата с технологией анализа риска и особенностями принятия решений в условиях неопределенности. Важно заметить, что данное инструментальное средство предоставляет пользователю возможность получить и использовать данные моделирования по методу Монте-Карло, нашедшему широкое применение при анализе различных экономических ситуаций. Комплексное применение метода Монте-Карло и дерева решений способствует лучшему пониманию процесса принятия решений в условиях неопределенности и стимулирует у студентов экономического бакалавриата поиск путей повышения использования математического аппарата и инструментальных средств, поддерживающих количественные методы и математическое моделирование.

По мнению разработчиков, *PrecisionTree* представляет собой интуитивно понятное приложение, легко интегрирующееся с электронными таблицами *MS Excel* и обеспечивающее реальные учебные, теоретические и практические результаты. В рамках данной статьи мы представили и обсудили основные условия цифровизации учебно-познавательной деятельности студентов экономического бакалавриата средствами *PrecisionTree*, к которым относятся пять методических особенностей и тринадцать инструментов.

Актуализация рисков различной интенсивности и степени важности, усложнение социально-экономических отношений требует повышения качества принимаемых решений, каждое из которых зачастую представляет собой сложный, многоэтапный процесс с множеством альтернатив, исходов и возможных последствий, состояний «Природы», предпочтений участников экономического взаимодействия.

Важным направлением повышения качества принимаемых решений является не только совершенствование механизмов их количественного, научного обоснования, но и ускорение жизненного цикла принятия решений. По мнению большинства студентов экономического бакалавриата, участвующих в опытно-экспериментальной работе, инструментальное

средство *PrecisionTree* позволяет не только получать лучшие ответы на поставленные вопросы, но и *рассматривать задачу теории принятия решений многоаспектно*, учитывая сильные и слабые стороны качественного и количественного подходов. Кроме того, включение *Precision-Tree* в учебный процесс позволяет расширить представления студентов о количественных методах и математическом моделировании, продвигаться в понимании проблем оптимального управления.

Среди перспектив исследования укажем исследование динамики творческой активности и мотивационного компонента студентов экономического бакалавриата в условиях внедрения нового инструментального средства *PrecisionTree* в учебный процесс на основе приемов, выделенных в работах В. В. Афанасьева, Е. И. Смирнова [Афанасьев, 1996, с. 112], Е. Н. Трофимец, В. Я. Трофимец, Е. И. Смирнова [Трофимец, 2014]. Таким образом, выделенные в рамках опытно-экспериментальной работы и представленные в данной статье пять методических особенностей позволяют в полной мере раскрыть исследовательский и инструментальный потенциал инструментального средства *PrecisionTree* в практике профессиональной подготовки будущего экономиста. Кроме того, тринадцать инструментов, возможности которых раскрыты в данной статье, позволяют по-новому организовать учебно-познавательную деятельность студента экономического бакалавриата, расширить его модельные представления о задачах теории принятия решений.

Библиографический список

1. Афанасьев В. В. Экспериментальное исследование творческой активности студентов в процессе обучения математике / В. В. Афанасьев, Е. И. Смирнов // Ярославский педагогический вестник. 1996. № 3. С. 110-115.
2. Быканова О. А. Особенности преподавания дисциплин экономико-математического профиля в вузе / О. А. Быканова, Н. В. Филиппова // Перспективы науки. 2019. № 12(123). С. 237-241.
3. Введение в синергию проектной деятельности / И. В. Кузнецова, С. В. Напалков, Е. И. Смирнов, С. А. Тихомиров. Коряжма ; Арзамас ; Ярославль : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2018. 183 с. ISBN 9785604022184.
4. Власов Д. А. Инструментальное средство @risk в системе прикладной математической подготовки // Ярославский педагогический вестник. 2018а. № 3. С. 101-108. DOI 10.24411/1813-145X-2018-10072.
5. Власов Д. А. Использование инструментального средства Evolver 7.0 в математической подготовке студента-экономиста // Ярославский педагогический вестник. 2018б. № 6. С. 131-137. DOI 10.24411/1813-145X-2018-10236.
6. Карасев П. А. Совершенствование программ высшего образования в контексте современных требований рынков образовательных услуг и профессионального сообщества / П. А. Карасев, Л. А. Чайковская // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3. № 2. С. 3-9.
7. Монахов В. М. Введение в теорию педагогических технологий : монография ; М-во науки и образования РФ, Федер. агентство по образованию, Межвуз. центр дистанц. образования МГОПУ им. М. А. Шолохова, Волгоград. гос. пед. ун-т. Волгоград : Перемена, 2006. 318 с.
8. Муханов С. А. Индивидуализация, дифференциация и персонализация обучения математике в техническом вузе / С. А. Муханов, А. А. Муханова, А. И. Архангельский // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. Т. 9. № 1(30). С. 195-198. DOI 10.26140/anip-2020-0901-0045.
9. Муханов С. А. Проектирование учебного курса / С. А. Муханов, А. И. Нижников // Педагогическая информатика. 2014. № 4. С. 39-46.
10. Реморенко И. М. Качество общего образования о методиках и результатах интерпретируемой оценки / И. М. Реморенко, С. А. Задаев // Образовательная политика. 2020. № 3(83). С. 32-37. DOI 10.22394/2078-838X-2020-3-32-37.
11. Синчуков А. В. Потенциал теоремы полной вероятности и формулы Байеса для профессиональной подготовки будущего бакалавра менеджмента // Современные проблемы физико-математических наук : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием ; под общей редакцией Т. Н. Можаровой. Орел : ОГУ, 2020. С. 539-545.
12. Сухорукова И. В. Композиция методов в многокритериальной оптимизации по формированию ассортимента продукции / И. В. Сухорукова, Г. П. Фомин, Д. А. Максимов // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020а. № 3 (71). С. 52-61.
13. Сухорукова И. В. Совершенствование методики преподавания образовательной программы подготовки инвесторов / И. В. Сухорукова, Г. И. Бобрик // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2020б. № 2(41). С. 27-33. DOI 10.18323/2221-5662-2020-2-27-33.e
14. Сухорукова И. В. Содержательно-методическая концепция формирования спецкурса по приложениям марковских процессов / И. В. Сухорукова, Н. А. Чистякова // Прикладная психология и педагогика. 2021. Т. 6. № 1. С. 31-41. DOI 10.12737/2500-0543-2020-31-41.

15. Татарников О. В. Теория вероятностей и математическая статистика для экономистов / О. В. Татарников, Е. В. Швед. Москва : КНОРУС, 2018. 206 с.

16. Тестов В. А. Некоторые методологические проблемы определения качества образования // Педагогика. 2008. № 4. С. 22-28.

17. Тихомиров Н. П. Научная школа «Повышение качества разработки и использования математического инструментария в решении проблем анализа прогнозирования и управления социально-экономическими процессами» // Вестник Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова. 2007. № 1. С. 47-53.

18. Трифонова О. Н. Анализ методов поиска идей для решения проблем в бизнесе методом построения дерева проблем и дерева решений // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. № 9-2. С. 131-135.

19. Трофимец Е. Н. Мотивация достижения в изучении математики студентами-экономистами на основе анализа Фурье экономических временных рядов / Е. Н. Трофимец, В. Я. Трофимец, Е. И. Смирнов // Ярославский педагогический вестник. 2014. Т. 2. № 3. С. 79-85.

20. Феклин В. Г. Использование LMS Moodle для создания электронного математического курса // Современная математика и концепции инновационного математического образования. 2014. Т. 1. № 1. С. 233-240.

21. Хуторской А. В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций // Эйдос. 2005. № 4. С. 1.

Reference list

1. Afanas'ev V. V. Jeksperimental'noe issledovanie tvorcheskoj aktivnosti studentov v processe obuchenija matematike = Experimental study of the creative activity of students in the process of teaching mathematics / V. V. Afanas'ev, E. I. Smirnov // Jaroslavskij pedagogicheskiy vestnik. 1996. № 3. S. 110-115.

2. Bykanova O. A. Osobennosti prepodavaniya disciplin jekonomiko-matematicheskogo profilja v vuze = Peculiarities of teaching economic and mathematical disciplines at the university / O. A. Bykanova, N. V. Filippova // Perspektivy nauki. 2019. № 12(123). S. 237-241.

3. Vvedenie v sinergiju proektnoj dejatel'nosti = Introduction to synergies in project activities / I. V. Kuznecova, S. V. Napalkov, E. I. Smirnov, S. A. Tihomirov. Korjashma ; Arzamas ; Jaroslavl' : Nacional'nyj issledovatel'skij Nizhegorodskij gosudarstvennyj universitet im. N. I. Lobachevskogo, 2018. 183 s.

4. Vlasov D. A. Instrumental'noe sredstvo @risk v sisteme prikladnoj matematicheskoy podgotovki = Tool @risk in the system of applied mathematical preparation // Jaroslavskij pedagogicheskiy vestnik. 2018. № 3. S. 101-108. DOI 10.24411/1813-145X-2018-10072.

5. Vlasov D. A. Ispol'zovanie instrumental'nogo

sredstva Evolver 7.0 v matematicheskoy podgotovke studenta-jekonomista = Using the Evolver 7.0 tool in math training for an economist student // Jaroslavskij pedagogicheskiy vestnik. 2018. № 6. S. 131-137. DOI 10.24411/1813-145X-2018-10236.

6. Karasev P. A. Sovershenstvovanie programm vysshego obrazovaniya v kontekste sovremennyh trebovanij rynkov obrazovatel'nyh uslug i professional'nogo soobshhestva = Improvement of higher education programs in the context of modern requirements of educational services markets and the professional community / P. A. Karasev, L. A. Chajkovskaja // Jekonomika i upravlenie: problemy, reshenija. 2017. Т. 3. № 2. S. 3-9.

7. Monahov V. M. Vvedenie v teoriju pedagogicheskikh tehnologij = Introduction to the theory of pedagogical technologies : monografija ; M-vo nauki i obrazovaniya RF, Feder. agentstvo po obrazovaniju, Mezhvuz. centr distanc. obrazovaniya MGOPU im. M. A. Sholohova, Volgograd. gos. ped. un-t. Volgograd : Peremena, 2006. 318 s.

8. Muhanov S. A. Individualizacija, differenciacija i personalizacija obuchenija matematike v tehničeskom vuze = Individualization, differentiation and personalization of mathematics training in a technical university / S. A. Muhanov, A. A. Muhanova, A. I. Arhangel'skij // Azimut nauchnyh issledovanij: pedagogika i psihologija. 2020. Т. 9. № 1(30). S. 195-198. DOI 10.26140/anip-2020-0901-0045.

9. Muhanov S. A. Proektirovanie uchebnogo kursa = Design training course / S. A. Muhanov, A. I. Nizhnikov // Pedagogicheskaja informatika. 2014. № 4. S. 39-46.

10. Remorenko I. M. Kachestvo obshhego obrazovaniya o metodikah i rezul'tatah interpretiruemoj ocenki = Quality of general education on methods and results of the interpreted assessment / I. M. Remorenko, S. A. Zadaev // Obrazovatel'naja politika. 2020. № 3(83). S. 32-37. DOI 10.22394/2078-838X-2020-3-32-37.

11. Sinchukov A. V. Potencial teoremy polnoj verojatnosti i formuly Bajesa dlja professional'noj podgotovki budushhego bakalavra menedzhmenta = Potential of the full probability theorem and Bayes formula for professional training of the future bachelor of management // Sovremennye problemy fiziko-matematicheskikh nauk : materialy VI Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem ; pod obshhej redakciej T. N. Mozharovoj. Orel : OGU, 2020. S. 539-545.

12. Suhorukova I. V. Kompozicija metodov v mnogokriterial'noj optimizacii po formirovaniju assortimenta produkcii = Composition of methods in multicriterial optimization of product assortment / I. V. Suhorukova, G. P. Fomin, D. A. Maksimov // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta (RINH). 2020. № 3 (71). S. 52-61.

13. Suhorukova I. V. Sovershenstvovanie metodiki prepodavaniya obrazovatel'noj programmy podgotovki investorov = Improving the teaching methodology of the

investor education programme / I. V. Suhorukova, G. I. Bobrik // Vektor nauki Tol'jattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Pedagogika, psihologija. 2020. № 2(41). S. 27-33. DOI 10.18323/2221-5662-2020-2-27-33.

14. Suhorukova I. V. Soderzhatel'no-metodicheskaja koncepcija formirovanija speckursa po prilozhenijam markovskih processov = Content-methodical concept of formation of special course on applications of Markov processes / I. V. Suhorukova, N. A. Chistjakova // Prikladnaja psihologija i pedagogika. 2021. T. 6. № 1. S. 31-41. DOI 10.12737/2500-0543-2020-31-41.

15. Tatarnikov O. V. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika dlja jekonomistov = Probability theory and mathematical statistics for economists / O. V. Tatarnikov, E. V. Shved. Moskva : KNORUS, 2018. 206 s.

16. Testov V. A. Nekotorye metodologicheskie problemy opredelenija kachestva obrazovanija = Some methodological problems in determining the quality of education // Pedagogika. 2008. № 4. S. 22-28.

17. Tihomirov N. P. Nauchnaja shkola «Povyshenie kachestva razrabotki i ispol'zovanija matematicheskogo instrumentarija v reshenii problem analiza prognozirovanija i upravlenija social'no-jekonomicheskimi procesami» = Scientific school «Improving the quality of development and use of mathematical tools in solving problems of forecasting analysis and managing socio-

economic processes» // Vestnik Rossijskoj jekonomicheskoi akademii im. G. V. Plehanova. 2007. № 1. S. 47-53.

18. Trifonova O. N. Analiz metodov poiska idej dlja reshenija problem v biznese metodom postroenija dereva problem i dereva reshenij = Analysis of methods of finding ideas for solving problems in business by building a tree of problems and a tree of solutions // Fundamental'nye i prikladnye issledovanija v sovremennom mire. 2015. № 9-2. S. 131-135.

19. Trofimec E. N. Motivacija dostizhenija v izuchenii matematiki studentami-jekonomistami na osnove analiza Fur'e jekonomicheskikh vremennyh rjadov = Motivation for achievement in the study of mathematics by economist students based on Fourier analysis of economic time series / E. N. Trofimec, V. Ja. Trofimec, E. I. Smirnov // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. 2014. T. 2. № 3. S. 79-85.

20. Feklin V. G. Ispol'zovanie LMS Moodle dlja sozdanija jelektronnogo matematicheskogo kursa = Using LMS Moodle to Create an Electronic Math Course // Sovremennaja matematika i koncepcii innovacionnogo matematicheskogo obrazovanija. 2014. T. 1. № 1. S. 233-240.

21. Hutorskoj A. V. Tehnologija proektirovanija kljuчевyh i predmetnyh kompetencij = Technology for designing key and subject competencies // Jejdos. 2005. № 4. S. 1.

Статья поступила в редакцию 06.08.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 25.09.2021.

The article was submitted on 06.08.2021; approved after reviewing 10.09.2021; accepted for publication on 25.09.2021.