

Проблемой на уровне криптобиржи, подчеркивающей нестабильность виртуального рынка, является ее зависимость в целом от политической и экономической ситуации в стране. Криптобиржа работает удаленно и, соответственно, может быть ограничена в условиях санкций.

Проблемой государственного регулирования выступает необходимость детального законодательного регулирования данной сферы.

Таким образом, можно сделать вывод, что криптовалюта в настоящее время требует детального изучения с точки зрения регулирования и обеспечения безопасности.

Литература:

1. BTC/USD [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.rbc.ru/crypto/currency/btcusd>. — Дата доступа: 09.03.2023.



Ю. Г. Степин, ст. преподаватель
ГрГУ (г. Гродно)

В. М. Локтевич,
e-mail: vlad_loktevich@mail.ru
ГрГУ (г. Гродно)

Обучение с подкреплением для решения экономических оптимизационных задач

Рассмотрим широкий круг задач теории оптимизации, возникающие в процессе планирования и управления на уровне республики, отрасли и предприятия. Задачи такого типа описаны в [1]. Основной сложностью решения данного типа задач является дискретность искомых переменных, а также зачастую нелинейность ограничений и/или целевой функции, что не позволяет в общем случае находить оптимальные решения алгоритмами полиномиальной сложности на достаточно больших моделях. Несмотря на то, что существуют и активно применяются классические подходы к приближенному решению таких задач [3], постепенно начинает формироваться способ приближенного поиска, основанный на применении обучения с подкреплением (RL) [5].

Для примера рассмотрим задачу объемного планирования, которая описана в [2]. Данной задаче соответствует следующая математическая модель:

$$f(B, \mathcal{B}) = \sum_{i_1, r, j} \left(B_{i_1 r j} (C_{rj} + C_j) + \left\lfloor \frac{B_{i_1 r j}}{\text{cap}_1} \right\rfloor (C_{i_1} + C_{i_1 r}) \right) +$$

$$+ \sum_{i_2, j, k} \left(\mathcal{B}_{i_2 j k} C_{jk} + \left\lfloor \frac{\mathcal{B}_{i_2 j k}}{\text{cap}_2} \right\rfloor (C_{i_2} + C_{i_2 r}) \right) \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r, j} \left\lfloor \frac{B_{i_1 r j}}{\text{cap}_1} \right\rfloor \leq F_{i_1}, i_1 \in I_1, \sum_{j, k} \left\lfloor \frac{\mathcal{B}_{i_2 j k}}{\text{cap}_2} \right\rfloor \leq F_{i_2}, i_2 \in I_2, \\ \sum_{i_1, j} B_{i_1 r j} \leq F_r, r \in R, \sum_{i_2, j} \mathcal{B}_{i_2 j k} = F_k, k \in K, \\ \sum_{i_1, r} B_{i_1 r j} \leq F_j, j \in J, \sum_{i_1, r} B_{i_1 r j} = \sum_{i_2, k} \mathcal{B}_{i_2 j k}, j \in J, \\ B_{i_1 r j}, \mathcal{B}_{i_2 j k} \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, i_1 \in I_1, r \in R, j \in J, i_2 \in I_2, k \in K. \end{array} \right.$$

Определим основополагающие элементы, на которых как правило строятся алгоритмы RL [4]. Множество состояний S среды определим как множество псевдопланов, то есть таких значений переменных B, \mathcal{B} , при которых верны ограничения (2), но равенство $\sum_{i_2, j} \mathcal{B}_{i_2 j k} = F_k$ ослаблено до неравенства $\sum_{i_2, j} \mathcal{B}_{i_2 j k} \leq F_k$, в качестве начального состояния возьмем нулевое ($B_{i_1 r j} = 0, \mathcal{B}_{i_2 j k} = 0$), а терминальными будут являться те, которым соответствует план. Множество действий A , которые переводят одно состояние в другое $s \rightarrow s'$, определим как элементарное приращение товарно-транспортного потока. Функцию награды, кото-

рая будет выдаваться за выполнение действия a из состояния s , определим как отрицательное изменение стоимости соответствующего псевдоплана: $reward(s, a) = f(B, \mathcal{B}) - f(B', \mathcal{B}')$.

Таким образом, построили задачу RL , которую можно решать любым допустимым алгоритмом [4]. Суть этих алгоритмов заключается в поиске такой политики агента, которая бы максимизировала суммарную награду за весь путь.

Оценка эффективности предложенного подхода проводилась путем сравнения его результатов с точными алгоритмами. Стоит отметить, что данный подход к решению может быть использован и при нелинейных ограничениях и целевых функций.

Литература:

1. Емеличев, В. А. Метод построения последовательности планов для решения задач дискретной оптимизации / В. А. Емеличев, В. И. Комлик. — М.: Наука, 1981.
2. Стёпин, Ю. Г. Два эвристических алгоритма поиска решения логистической задачи с учетом оптимального размещения автобаз / Ю. Г. Стёпин В. М. Локтевич // Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее. — Москва, 2022. — С. 309–314.
3. Achterberg, T. Constraint Integer Programming / T. Achterberg. — Berlin, 2007.
4. Sutton, R. S. Reinforcement Learning: An Introduction / R. S. Sutton, A. G. Barto. — L.: The MIT Press, 2015.
5. Tang, Y. Reinforcement Learning for Integer Programming: Learning to Cut / Y. Tang, Sh. Agrawal, Y. Faenza // International Conference on Machine Learning. — 2020.



С. А. Тарасов, канд. техн. наук, доцент
БГЭУ (г. Минск)

Г. О. Читая, д-р экон. наук, профессор
БГЭУ (г. Минск)

Технологии программирования в подготовке нового поколения экономистов

Цифровизация экономики открывает широкие возможности для формирования и обработки больших массивов численных и текстовых данных. Их многосторонний анализ позволяет сформировать системный взгляд на динамику происходящих изменений в экономике, разработать сценарии и стратегию ее развития. Ярко выраженная тенденция подготовки современных экономистов, способных вносить реальный вклад в инновационное развитие экономики и ее субъектов, состоит в универсализации их профессиональных компетенций, навыков и умений. Это может происходить исключительно на стыке наук, поставляющих методы и инструменты для анализа, моделирования и программирования. Под «универсальностью» нового поколения экономистов правомерно понимать получение на выходе специалиста, сбалансированно подготовленного по экономике, математике и программированию. Для современных экономистов широкого профиля становится неизбежным получение знаний в области глубокого распознавания и идентификации экономических объектов, процессов и явлений, что наряду с аппаратом традиционного экономического анализа объективно требует приобретения навыков и умений по использованию математических методов моделирования, формированию базы данных и проведению сложных программно-компьютерных расчетов. Реальная практика подтверждает преобладание подобных приоритетов у работодателей при найме на работу таких специалистов.

На сегодняшний день учебные планы большинства экономических специальностей не отвечают требованиям подготовки нового поколения экономистов. Они сильно отличаются друг от друга по возможностям изучения курсов программистского профиля. Это прежде всего касается степени содержательности таких курсов, глубины изучения, а также часов, отведенных на их освоение. Отправным пунктом реформирования экономического образования в Республике Беларусь на пути создания нового поколения экономистов, сочетающих в себе знания и профессиональные компетенции на стыке экономики, математики и программирования, может послужить специальность 6-05-05333 «Прикладная математика» с профилизацией «Экономическая кибернетика». Прием на эту специальность запланирован в БГЭУ с 2023 г. Одной из ключевых особенностей учебного плана этой специальности является наличие модуля «Программирование», представленного внушительными по содержанию учебными курсами: основы и методологии программирования; разработка кроссплатформенных приложений; машинно-ориентированное программирование; промышленное программирование; технологии программирования. Второй особенностью данной специальности является