

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ ПО ИСТОРИИ ИХ РАБОТЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

СМИРНОВА Н. В.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: smirnovanatalia2008@gmail.com*

В статье представлены результаты по построению модели психического состояния обучаемого и степени рациональности его познавательной деятельности по истории его работы в обучающей системе.

Ключевые слова: автоматизированная обучающая система, интеллектуальная обучающая система, модель обучаемого, машинное обучение

ВВЕДЕНИЕ

Модель обучаемого является важным компонентом интеллектуальной обучающей системы. Она может отражать не только текущий уровень знаний и умений обучаемого, но и психическое состояние обучаемого во время его работы в обучающей системе. Такая модель может быть использована для выявления плохо проработанных мест учебного курса, для анализа качественного состава студентов, для интеллектуального управления учебным процессом и т.д.

Несмотря на достаточное количество работ, посвященных диагностике психического состояния обучаемого по истории его работы, эта проблема еще до конца не решена (более подробный обзор работ по рассматриваемому вопросу см. в [1]). Критическим местом моделей такого рода является трудоемкость процесса сбора экспертных оценок, являющихся неотъемлемой частью экспериментальных данных для обучения модели, т.е. подбора значений ее параметров. Сбор экспертных оценок осложняется еще и тем, что в течение сеанса работы студента в системе происходит достаточно много событий, которые могут свидетельствовать об изменении психического состояния студента. Возникает вопрос о том, в какие моменты времени эксперт должен выставлять оценки в ходе наблюдения за работой студента, насколько точными должны быть эти оценки и т.д., т.е. возникает необходимость создания правил, регулирующих экспертную деятельность. При разработке таких правил необходимо учитывать тот факт, что увеличение требований к эксперту ведет к возрастанию усталости эксперта и, как следствие, снижению надежности выставляемых им оценок, а понижение требований — к меньшей информативности и количеству экспертных оценок, и, как следствие, к ухудшению качества данных для обучения модели. Поэтому правила, регулирующие экспертную деятельность, должны сопровождаться соответствующей методикой формирования данных для обучения модели.

Рассмотрим два известных варианта правил сбора и обработки экспертных оценок [2–3]. Первый вариант, согласно упоминаниям в статьях по рассматриваемому вопросу, соответствует наиболее часто используемым исследователями правилам. Второй вариант был предложен в качестве решения проблемы уменьшения трудоемкости сбора экспертных оценок для построения модели психического состояния студентов.

В работе [2] эксперты наблюдали за работой студентов в режиме реального времени и оценивали поведение студентов в те моменты, когда по их мнению, оно существенно изменялось. Для сопоставления действиям студентов оценок экспертов использовались «временные окна». Например, при 2-х минутном «временном окне» для генерации точки обучения использовались действия, произошедшие не ранее чем за 1 мин до t_0 и не позднее чем за 1 мин после t_0 , где t_0 — время фиксации экспертной оценки. Данный подход имеет следующие недостатки. Затрудняется оценивание качества работы экспертов: возникают вопросы о том, достаточно ли оценок выставлено экспертами. От экспертов требуется внимательно следить не только за тем, в каком состоянии находится студент, но и как можно более точно фиксировать время изменения этого состояния, что зачастую невозможно из-за недостаточной быстроты работы эксперта и приводит к его быстрой утомляемости.

В работе [3] для повышения эффективности сбора экспертных оценок предлагается предоставлять экспертам для оценивания не видеозаписи работы студентов, а некоторое множество избранных фрагментов истории работы студентов в системе. Множество избранных фрагментов формируется почти случайным образом, при этом, для каждого фрагмента справедливо следующее: чем больше действий студента в нем зафиксировано, тем больше вероятность того, что он будет выбран для экспертной оценки. Данный подход имеет следующие недостатки. Отдельные фрагменты истории работы студента зачастую не содержат всю необходимую эксперту информацию: теряется информация о жестах, выражении лица студента, его действиях вне обучающей системы, которые могут соответствовать как полезному, так и вредному с точки зрения учебного процесса психическому состоянию. Теряется контекст: эксперт не успевает получить общее впечатление о студенте. Между тем, сравнивая поведение студента в текущий момент времени и с поведением в предыдущие моменты, эксперт может считать часть действий студента малозначительными, если они характерны для большинства периодов работы студента или, наоборот, при появлении одного-двух, казалось бы, незначительных, но не характерных для студента действий, сделать выводы об изменении психического состояния студента.

В данной статье предлагаются правила, при использовании которых эксперты оценивают динамику состояний студентов на основе видеозаписей их работы через одинаковые промежутки времени. Предполагается, что психическое состояние обучаемого можно смоделировать вектором значений следующих компонент: «Самостоятельность», «Усилия», «Фрустрационное поведение».

ние». В качестве оценки каждой компоненты эксперты предоставляют только одно (максимум 3) наиболее частых, т.е. превалирующих значений компоненты в течение рассматриваемого промежутка времени. Т.к. в статье описываются результаты разового эксперимента, проведенного с участием одной группы студентов, то сравнение с известными результатами не проводится, вместо этого, исходя из оценки качества полученной модели делаются выводы о применимости предлагаемых правил сбора и обработки экспертных оценок.

МОДЕЛЬ ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБУЧАЕМОГО И ЕЕ ПОСТРОЕНИЕ

Для построения модели, позволяющей выявить психическое состояние обучаемого по истории его работы, требуется прибегать к методам машинного обучения, в частности, приходится решать задачи классификации [4], постановка которых выглядит следующим образом. Психическое состояние обучаемого трактуется как один или несколько процессов, состояния которых можно описать с помощью конечного множества значений M некоторой нечеткой переменной (например, «злость», «усталость», «радость», «обычное состояние»). Для построения модели собираются экспериментальные данные, включающие истории работы студентов и экспертные оценки динамики состояний студентов в ходе работы с обучающей системой.

На основе экспериментальных данных формируется конечная совокупность пар <состояние обучаемого, метка>. Состояние обучаемого задается посредством вектора значений некоторых показателей (в литературе эти показатели называют признаками [3]), вычисляемых автоматически по истории работы обучаемого. Метка соответствует одному из значений множества M . Метка присваивается экспертом. Предполагается, что существует некоторая зависимость между метками и значениями признаков, но она неизвестна. На основе экспериментальных данных требуется восстановить эту зависимость, т.е. построить алгоритм, способный любому новому описанию состояния студента (т.е. вектору значений признаков) достаточно точно присвоить метку.

Для построения модели выбран известный метод логистической регрессии, поскольку этот метод сочетает простоту реализации и вычислительную эффективность. Текущее значение каждой компоненты психического состояния обучаемого определяется вектором вида

$$(f_{\theta'}(X), f_{\theta''}(X), f_{\theta'''}(X))$$

Координаты вектора вычисляются с помощью логистической функции с соответствующим набором регрессионных коэффициентов (θ' , θ'' или θ''') и выражают вероятности того, что уровень текущего значения компоненты подпадает под одну из категорий: «высокий», «средний», «низкий». Логистические функции в качестве аргумента используют переменную со следующей структурой:

$$z = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_k x_k.$$

где $x_j, j = \overline{1, k}$ - признаки модели, которые могут принимать любые вещественные значения, а $\theta_j, j = \overline{1, k}$ — регрессионные коэффициенты

Значения признаков формируются на основе сведений о произошедших «значимых» событиях в истории работы обучаемого в течение рассматриваемого промежутка времени. «Значимые» события могут быть одномоментными (например, проверка фрагмента решения на правильность) или длительными (например, чтение справочного материала). В качестве признаков в случае одномоментных событий используются сведения об их количестве, а для длительных — значения различных параметров, например, средняя длительность, совокупная длительность и т.д. Могут использоваться и другие признаки (например, «рваность (непоследовательность) действий обучаемого», см. далее).

Для оценки поведения студента эксперту предоставляется текстовое описание поведения и успехов студента во время обучения интерфейсу программы и видеозапись, на которой зафиксирован процесс решения задач студентом в обучающей системе. Видеозаписи предварительно обрабатываются таким образом, чтобы эксперту были одновременно доступны как запись с экрана студента, так и запись лица студента с веб-камеры.

Каждая видеозапись заранее делится на 5-и минутные фрагменты. Эксперт смотрит видеозапись от начала и до конца. После окончания каждого 5-и минутного фрагмента видеозапись останавливается для внесения оценок. Ниже приведена часть инструкции эксперта, регламентирующая выставление оценок экспертом.

«Если в течение 5-и минутного фрагмента значение компоненты психического состояния обучаемого

– существенно не изменялось, укажите ее превалирующее значение. Например: Н (т.е. значение преимущественно было низким),

– существенно изменялось один раз, укажите ее превалирующее значение ближе к началу, середине и концу 5-и минутного фрагмента. Например: НСН (в начале значение было низким, ближе к середине — средним, к концу — опять низким),

– существенно изменялось более одного раза, напишите МН. Этот фрагмент будет в дальнейшем просмотрен с другим экспертом или исключен из рассмотрения при подборе коэффициентов модели».

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛИ

В качестве участников эксперимента по построению модели обучаемого было задействовано 23 студента, изучавших курс линейной алгебры. Им было предложено пройти обучение интерфейсу программы, а затем попытаться решить задачи в системе. Студентам предлагалось решить одну задачу высокой сложности или одну задачу средней сложности и одну простую задачу.

Поскольку в случае успешного решения задач в системе студенты имели право получить предварительную оценку за экзамен, а оценка за решение задач снижалась за использование большого количества подсказок, то большинство студентов старались использовать подсказки только в самом крайнем случае. Поэтому не было собрано достаточно данных для подбора коэффициентов компоненты «Самостоятельность», и эта компонента была исключена из списка компонент модели, для которых будет осуществлен подбор коэффициентов.

Соотнесение оценок эксперта вида $X_1X_2X_3$ с действиями студента во время 5-минутного фрагмента для формирования совокупности пар <состояние обучаемого, метка> может быть реализовано несколькими способами. Наиболее успешным оказался способ, предполагающий преобразование экспертных оценок вида $X_1X_2X_3$ в оценки вида X_{1-3} с использованием некоторого набора эвристических правил. В таком случае на основе данных по каждому 5-минутному фрагменту формируется только одна пара <состояние обучаемого, метка>, причем в качестве метки используется оценка X_{1-3} .

Наилучшим для компоненты «Усилия» оказалось следующее правило: X_{1-3} равно В, если В встречается в $X_1X_2X_3 \geq 2$ раз, иначе X_{1-3} равно С (т.е. «не-В», низкий или средний уровень), а наилучшим для компоненты «Фрустрационное поведение» — правило «если в оценке $X_1X_2X_3$ нет оценок В и/или С, то $X_{1-3} = Н$, иначе $X_{1-3} = С$. Таким образом, 5-и минутные фрагменты разделились на 2 группы: те, в которых было зафиксировано повышение уровня фрустрационного поведения и те, в которых повышения не было.

Напомним, что в теории методов машинного обучения модель считается хорошей, если значения F-мер⁹ на тестовой выборке достаточно высоки и существенно не отличаются от соответствующих значений на обучающей выборке (в противном случае имеет место недообучение или переобучение, см. [5]). Для компоненты «Усилия» были достигнуты следующие F-меры на обучающей и тестовой выборках: [0.75, 0.66] и [0.75, 0.65]. Для компоненты «Фрустрационное поведение» были достигнуты следующие F-меры: [0.79, 0.69] и [0.72, 0.61].

НЕКОТОРЫЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБУЧАЕМОГО ПО ИСТОРИИ ЕГО РАБОТЫ

Опишем способы измерения признаков, использование которых приводит к повышению точности модели психического состояния обучаемого и мало зависят от особенностей интерфейса обучающих систем.

Выделим несколько групп возможных действий обучаемого в системе:

– *поисковые* (просмотр ранее полученных подсказок, обозначений, которые студент может использовать при вводе решения задачи, введенного решения; поиск нужного параграфа в оглавлении и т.д., обозначается буквой «s»),

⁹F-мера — гармоническое среднее точности и полноты классификации, принимает значения из диапазона [0,1].

- *диалоговые* (проверка введенного фрагмента решения, запрос подсказки и т.д., обозначается буквой «d»),
- редактирование фрагментов решения (обозначается буквой «e»),
- чтение теоретического материала (обозначается буквой «t»),
- *бездействие* (т.е. отсутствие действий из вышеупомянутых групп, обозначается знаком «-»).

Предлагается разделить 5-и минутный фрагмент на m интервалов (в данном случае $m=10$) и поставить в соответствие фрагменту вектор с обозначениями групп действий, превалирующих на соответствующих интервалах. Поскольку события «редактирование фрагментов решения» и «чтение теоретического материала» являются длительными событиями, то для сравнения с одномоментными событиями были получены их количества путем деления длительности на некоторое число (10 и 30 сек соответственно). Примером такого вектора является вектор «eestttt---», который расшифровывается следующим образом: в течение первой минуты обучаемый в основном редактировал фрагмент решения, в течение следующих 30 сек. осуществлял поисковые действия, в течение следующих 2 мин преимущественно был занят чтением теоретического материала и т.д.

Для описания вектора превалирующих групп действий обучаемого *rav* используются следующие признаки:

1. количество встречающихся в нем обозначений «s»,
2. количество обозначений «d»,
3. количество обозначений «t» и «e» на позициях 0–2, 3–6, 7–9 (т.е. в начале, середине и конце вектора),
4. количество обозначений «-» на позициях 0–2, 3–6, 7–9.

Также на основе данного вектора вычисляется значение признака «равность (непоследовательность) действий обучаемого» по следующей формуле:

$$\frac{\sum_{i=1}^{m-1} \varphi(i)}{m-1}, \text{ где } \varphi(i) = \begin{cases} 1, & \text{если } rav(i) \neq rav(i-1) \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Например, для вектора eeeeeeeee этот признак будет равен 0, а для вектора etetetetet – 1.

Также оказались важными события «Бездействие дольше 7 сек». Эксперты отметили, что появление таких событий может свидетельствовать как о понижении «Усилий» и/или повышении «Фрустрационного поведения» (студент слишком часто отвлекается на посторонние звуки, на диалоги с соседями или впадает в ступор), так и о повышении «Усилий» и/или понижении «Фрустрационного поведения» (студент что-то вычисляет с помощью листа бумаги и ручки перед вводом следующего шага).

Поэтому было решено отдельно учитывать «хорошие» и «плохие» периоды бездействия: «хорошим» предшествует успешная проверка фрагмента ре-

шения, а «плохим» — неуспешная. Для обеих компонент оказались полезными признаки, отражающие количество «хороших» и «плохих» периодов бездействия длительностью $[7,25)$ сек, $[25,50)$ сек >50 сек.

ВЫВОДЫ

В статье изложен опыт решения задач классификации, возникающих при построении модели психического состояния обучаемого по истории его работы. Апробированы оригинальные правила сбора и обработки экспертных оценок, при использовании которых эксперты каждой компоненте психического состояния студента должны давать оценки вида $X_1X_2X_3$ каждые n секунд (в статье $n=300$).

В ходе решения вышеописанных задач классификации предложено несколько признаков для модели психического состояния обучаемого, которые могут быть полезными для любых автоматизированных обучающих сред.

Предложенные правила сбора и обработки экспертных оценок могут быть использованы для построения модели психического состояния обучаемого по истории его работы. При их использовании будут классифицированы 2 градации уровня показателей «Усилия» («высокий уровень» и «средний или низкий уровень») и 2 градации уровня показателя «Фрустрационное поведение» («зафиксировано повышение уровня» и «повышения уровня не было»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнова Н.В. Мотивационно-волевой компонент модели обучаемого в следящих интеллектуальных системах. Часть 1 / Н.В. Смирнова, А.Ю. Шварц // «Искусственный интеллект и принятие решений». М., 2012. – №. 1. – с. 95-110.
2. Baker R.S.J.d Developing A Generalizable Detector of When Students Game the System / R.S.J.d Baker, A.T. Corbett, I. Roll // User Modelling and User-Adapted Interaction. Springer, 2008. –Vol. 18. –№ 3. –pp. 287-314.
3. Baker R.S.J.d Labeling Student Behavior Faster and More Precisely with Text Replays / R.S.J.d Baker, A.M.J.B. de Carvalho // Educational Data Mining, 2008. pp. 38-47.
4. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). Курс лекций ВМК МГУ и МФТИ [Электронный ресурс] / –Москва, 2011. – Режим доступа : <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>.–Дата доступа : 10.01.2012.
5. Воронцов К.В. Комбинаторный подход к оценке качества обучающих алгоритмов / К.В. Воронцов ; – М.: Физматлит, 2004. Математические вопросы кибернетики. –Т. 13. – С. 5-36.