

$$\Lambda(X_3) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \Lambda(X_4) = \begin{pmatrix} -c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -(c-1) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$e^{t_1 \rho(X_1)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad e^{t_2 \rho(X_2)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad e^{t_3 \rho(X_3)} = \begin{pmatrix} 1 & -t_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$e^{t_4 \rho(X_4)} = \begin{pmatrix} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{c^n t_4^n}{n!} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{t_4^n}{n!} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{(c-1)^n t_4^n}{n!} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

Отсюда получаем соответствующие 1-параметрические группы аффинных преобразований:

$$G(t_1): (x^1, x^2, x^3, x^4) \rightarrow (x^1 + t_1, x^2, x^3, x^4),$$

$$G(t_2): (x^1, x^2, x^3, x^4) \rightarrow (x^1, x^2 + t_2, x^3, x^4),$$

$$G(t_3): (x^1, x^2, x^3, x^4) \rightarrow (x^1 - t_3 x^2, x^2, x^3 + t_3, x^4),$$

$$G(t_4): (x^1, x^2, x^3, x^4) \rightarrow (e^{-ct_4} x^1, e^{-t_4} x^2, e^{-(c-1)t_4} x^3, x^4 + t_4).$$

Композиция этих 1-параметрических подгрупп дает аффинное представление всей группы.

Заключение. В данной работе найдено аффинное представление вещественной разрешимой группы Ли G_4I для коммутационных соотношений из [2]. Аналогично находятся аффинные представления остальных разрешимых четырехмерных групп Ли.

1. Yamaguchi S. On complete affinely flat structures of some solvable Lie groups // Memories of the Faculty of Science, Kyushu Univ., Ser. A. – 1979. – Vol.33, no.2. – P. 209-218.
2. Петров А.З. Новые методы в общей теории относительности. – М.: Изд-во «Наука», 1966. – 496 с.

КОНЦЕПЦИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В УЧЕБНОМ ПРИЛОЖЕНИИ ДЛЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

С.А. Ермоченко
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

На кафедре прикладного и системного программирования уже несколько лет ведётся разработка учебного web-приложения-тренажёра, позволяющего студентам развивать навыки решения задач по дисциплинам, имеющим математический компонент [1–2]. Специфика практических задач по этим дисциплинам заключается в том, что для преподавателя затруднён подбор условий таких задач, для студента затруднён процесс решения задач, а после решения для преподавателя затруднён процесс проверки решений. Автоматизация этих процессов позволяет экономить время, как студентов, так и преподавателей, что обуславливает *актуальность работы*. Одной из таких дисциплин является дисциплина «Теоретическая механика», читаемая у студентов специальности «Прикладная математика». Для решения описанных выше проблем и решено было разработать модуль для приложения-тренажёра.

Целью данной работы является разработка концепция модуля для дисциплины «Теоретическая механика».

Материал и методы. Материалом в данной работе послужила архитектура web-приложения, спроектированная ранее. Также материалами являются требования, предъявляемые к модифицированной архитектуре приложения, для добавления поддержки методов, изучаемых в курсе «Теоретическая механика». Это такие требования, как визуализация математических формул и рисунков-схем к генерируемым задачам. Основным методом исследования является объектно-ориентированный анализ и проектирование, а также общенаучные методы анализа, синтеза и обобщения.

Результаты и их обсуждение. В практикуме по дисциплине «Теоретическая механика» предусмотрено решение студентам нескольких видов задач по различным темам, в частности по темам:

1. Кинематика точки (кинематика).
2. Сложное движение точки (кинематика).
3. Уравнения равновесия твёрдого тела (статики).
4. Общие теоремы динамики материальной точки в абсолютном движении (динамика).
5. Относительно движение материальной точки (динамика).

Особенность задач для этих тем заключается в том, что для их варьирования не достаточно менять лишь числовые входные данные задач и проверять итоговый ответ. Для первой темы необходимо подобрать для каждого варианта некоторую траекторию движения, задаваемую уравнениями движения. При этом важно это сделать таким образом, чтобы при таком движении все компоненты скорости и ускорения не были бы нулевыми, и при этом итоговые ответы не были бы чересчур громоздкими. Для второй темы необходимо подобрать траекторию и уравнения движения для относительного и переносного движений так, чтобы ускорение Кориолиса не было нулевым. Важным для второй темы является также создание наглядного рисунка, на котором была бы проиллюстрирована картина движения. Для третьей темы необходимо подбирать различные геометрические формы тела, для которого студенту необходимо будет записать уравнения равновесия. В этом случае ответом к задаче будет не числовое значение, а некоторое математическое выражение, описывающее уравнение равновесия. Аналогичные особенности есть и для оставшихся тел. При этом можно выделить следующие сложности, возникающие у преподавателей и студентов:

1. Преподаватель вынужден тратить значительное время на подбор различных вариантов задач для студентов. Использование опубликованных задачников по механике в таком случае нецелесообразно, так как решения подавляющего большинства задач из опубликованных сборников можно найти в открытом доступе в глобальной сети Интернет.

2. Студент при решении задач вынужден тратить большую часть времени не на анализ задачи и её механическую интерпретацию, а на аккуратные математические расчёты. Такой подход отвлекает студента от основной цели, снижает его мотивацию и повышает количество ошибок, связанных не с незнанием предмета «Теоретическая механика», а с невнимательностью, рассеянностью и другими личностными особенностями студента.

3. Преподаватель при проверке работ вынужден тратить время на выверку ошибок в ходе математических преобразований, выполненных студентом, чтобы иметь возможность адекватно оценить данную работу. В таком случае сравнение с верным ответом не даёт объективной оценки. С одной стороны студент может правильно и чётко изложить основной ход решения с точки зрения той темы, по которой он решает задачу, но может ошибиться в численных расчётах, при этом его оценка не должна значительно снижаться, невзирая на неверно данных ответ. А с другой стороны, студент может кардинально ошибиться с методом решения, но случайно получить правильный ответ. При этом он не может получить высокую оценку. Чтобы проверить все эти факторы, преподаватель вынужден внимательно просматривать каждую работу и, фактически, повторять те вычисления, которые проделал студент.

Все эти проблемы можно решить, разработав специальный модуль для приложения-тренажёра, возложив рутинные действия на плечи вычислительной техники. Для решения этой задачи необходимо сформулировать основные концепции данного модуля.

Во-первых, для каждого типа должны быть созданы различные генераторы условий, позволяющие генерировать не только числовые данные, но и функции для их использования при описа-

нии движения. Для этого планируется использовать суперпозицию из элементарных функций некоторого готового набора, совместно с генерацией числовых коэффициентов этих функций.

Во-вторых, необходимо будет расширить архитектуру приложения, добавив в него понятие валидатора – класса, проверяющего сгенерированную задачу не просто на возможность решения, а на удобство представления результата решения. Для этих валидаторов необходимо реализовать систему оценок громоздкости ответа в задаче (как для представления числовых результатов, так и для результатов в виде некоторой формулы).

И в-третьих, необходимо добавить в архитектуру приложения возможность визуального представления формул [3] и векторных изображений [4], что потребует усложнения визуальной части приложения и разделения её на независимые компоненты.

Заключение. В работе были проанализированы требования к модулю приложения-тренажёра для его адаптации к дисциплине «Теоретическая механика» и сформулирована концепция архитектуры данного модуля. Разработка данного модуля позволит повысить эффективность процесса изучения дисциплины, повысить мотивацию студентов, проще организовать управляемую самостоятельную работу студентов.

1. Ермоченко С. А., Командина Л. В. Архитектура учебного web-приложения по исследованию операций // Наука – образованию, производству, экономике: матер. XXII(69) Регион. научно-практ. конф. преп., науч. сотр. и аспирант., Витебск, 9-10 февраля 2017 г.: в 2 т. / ВГУ имени П. М. Машерова: редколл.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2017. – Т. 1. – С. 12-14
2. Ермоченко С. А., Командина Л. В. Расширение учебного web-приложения по дисциплине «Исследование операций» для дисциплины «Алгоритмы и структуры данных» // Наука – образованию, производству, экономике: матер. XXIII(70) Регион. научно-практ. конф. преп., науч. сотр. и аспирант., Витебск, 15 февраля 2018 г.: в 2 т. / ВГУ имени П. М. Машерова: редколл.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2018. – Т. 2. – С. 45-47
3. Mathematical Markup Language (MathML) Version 3.0 2nd Edition / World Wide Web Consortium [Electronic resource], 2014. – Mode of access: <https://www.w3.org/TR/MathML3/>. – Date of access: 13.01.2019
4. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition) / World Wide Web Consortium [Electronic resource], 2014. – Mode of access: <https://www.w3.org/TR/SVG11/>. – Date of access: 13.01.2019.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*В.В. Игнатенко, Е.А. Леонов
Минск, УО «БГТУ»*

Научно-технический прогресс в лесопромышленном комплексе предъявляет повышенные требования к качеству подготовки специалистов, которые в своей работе все чаще сталкиваются с задачами, требующими, кроме профессиональной подготовки, знания методов обработки результатов наблюдений, планирования эксперимента, математических методов моделирования и оптимизации. Современный инженер в своей работе сталкивается с новой высокопроизводительной и сложной техникой. В лесозаготовительной промышленности на смену традиционным бензопилам и трелевочным тракторам пришли харвестеры (машины, выполняющие комплекс операций: валку деревьев, их очистку от сучьев и раскряжевку на нужные сортименты), форвардеры (машины, осуществляющие сбор и транспортировку сортиментов на погрузочный пункт, включая разгрузку, подсортировку и укладку сортиментов в штабели) и ряд других машин.

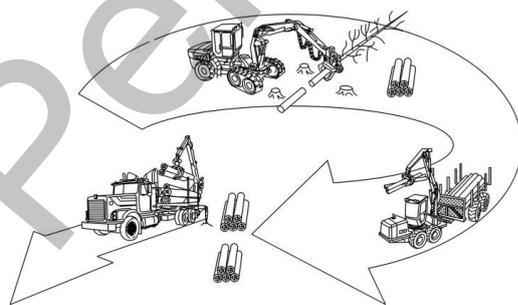


Рис. 1. Технологическая схема заготовки сортиментов системой машин «харвестер – форвардер»

Специалисту приходится анализировать работу как отдельных узлов машины, так и всей технологической линии (рис. 1). При достаточно широком выборе однотипного оборудования, очень важно правильно сформировать его в эффективные технологические системы машин. Решение этих проблем практически невозможно без математического моделирования исследуемых объектов.