

Проектирование на основе правил с применением технологий Больших данных

В мире постоянно появляются новые технологии, которые в короткий срок находят свое применение в проектных решениях, обеспечивая более эффективную реализацию старых задач и предоставляя дополнительные возможности, ранее недоступные, для решения новых. Появление этих технологий обусловлено резким ростом вычислительной способности аппаратных средств, тому, что сейчас называется высокопроизводительными вычислениями. Среди прочего они позволяют эффективно работать с Большими данными и производить быстрый поиск необходимой информации. Ожидается, что с помощью новых технологий, таких как, например, искусственный интеллект, в будущем САПР будут работать с еще большими объемами информации. При оптимизации процесса проектирования САПР предоставляют очевидные преимущества в виде сокращения сроков проектирования и изготовления новых изделий и, как следствие, сокращения затрат. В ближайшем будущем в этой области будут внедрены новые подходы, одним из которых является проектирование на основе правил, основные принципы которого описаны в настоящей статье.

Правила проектирования – это очень широкое понятие, которое применимо в разных сферах. В общем случае оно подразумевает набор правил и действий, которым необходимо следовать для того, чтобы создать изделие, в том числе в судостроении.

Даже внутри одной области знаний правилами проектирования могут называться разные вещи: это могут быть правила надзорных органов и классификационных обществ, произ-

водственные стандарты верфей либо требования, выдвинутые заказчиком постройки судна. Также со временем проектные бюро и верфи накапливают большой опыт по изготовлению конструкций, организации производственных процессов, который материализуется в виде проектных правил, призванных сделать проектирование и строительство более эффективным. Под правилами можно понимать и набор лучших практик или инструкций для проектирования.

Помимо вышеупомянутых случаев могут существовать и другие правила, применяемые к конкретному типу проектов, которые позволяют сделать оптимальный проект. Эти правила основаны на оценке результатов, полученных морскими инженерами и судостроителями. С бурным развитием современных технологий по обработке больших объемов данных (рис. 1), известных как Большие данные, стало возможным быстро производить

этом важно не забывать, что проверку правил проектирования гораздо эффективнее проводить на этапе проектирования, чем тогда, когда изделие уже изготавливается.

Источник знаний

Сегодня генерируется огромное количество информации, которую можно использовать для проектирования и постройки судов на верфях. Эта информация содержится в большом количестве документов и руководств и в конечном итоге выражается в правилах, которые применяются при проектировании судов.

При этом только 20% от всего объема доступной для использования информации составляют структурированные данные. Также происходит непрерывный процесс генерации информации не из источников структурированной информации – инструкций, руководств, отчетов и т.п.

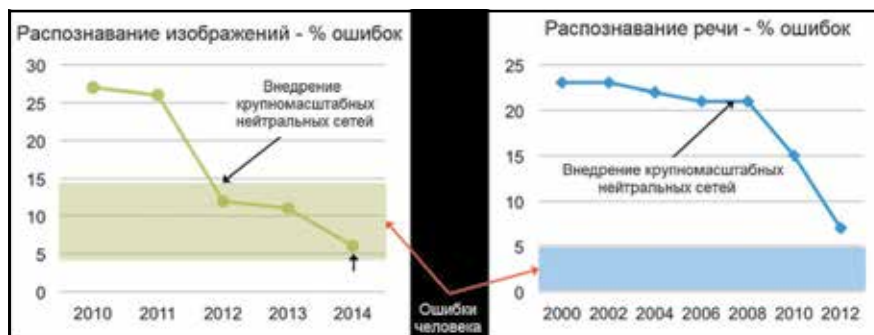


Рис. 1. Эволюция вычислительной мощности

оценку гораздо большего количества альтернативных проектных решений. Кроме того, правила, основанные на стандартах, можно проверять на правильность как на стадии проектирования, так и после его окончания. При

Сведение воедино всех источников позволит получить огромный объем информации, который можно использовать для проектирования и постройки судов, кораблей и морских сооружений. Это то, что условно мож-



Рис. 2. Компоненты когнитивных систем

но назвать Познательным морским проектированием с применением когнитивных возможностей. Состав компонентов, входящих в концепцию когнитивных систем, которые могут быть использованы в когнитивных морских системах, показан на рис. 2, из которого видно что, когнитивные вычисления имеют две “ветви” – те, где анализ данных осуществляется с помощью специализированных аналитических технологий, и те, которые выполняются с применением технологий искусственного интеллекта. И те, и другие находят свое применение в современном судостроении.

Аналитика

Компании, строящие и эксплуатирующие суда, накапливают и хранят информацию годами. В будущем объем этой информации колоссально возрастет, так как каждый компонент судна будет подключен к так называемому “Озеру данных” (data lake) (элемент инфраструктуры Big Data, хранилище большого объема неструктурированных данных), где вся эта информация будет анализироваться для дальнейшего использования. Этот анализ может осуществляться разными способами и для разных целей:

► **Описательный анализ.** Сегодня можно достаточно быстро и просто собирать и хранить информацию о ходе постройки или эксплуатации судна в

облачном хранилище практически в режиме реального времени. Это дает возможность раннего предсказания возникновения поломок, внештатных и аварийных ситуаций, а также максимально быстрого реагирования на них.

► **Предсказательный анализ.** Современные аналитические технологии позволяют создавать поведенческие шаблоны на основе исторических данных. Это аналогично созданию статистических шаблонов, которые описывают не только “нормальное поведение”, но и тренды на основе существующих данных. Тренды показывают, что может произойти на тех или иных участках судна в определенный период времени с определенной вероятностью. Таким образом, можно составлять прогноз погоды и предсказывать поведение определенного компонента судна, отслеживая отклонения от его “нормального поведения”, и предугадывать возникновение аварийных ситуаций.

► **Прескриптивный анализ.** Данный вид анализа предлагает оптимальные действия, которые нужно предпринять для минимизации вреда, возникающего в случае аварийной ситуации.

В судостроении существует множество источников неструк-

турированной информации, которую можно анализировать описанными выше способами. На практике наилучшие результаты достигаются при комбинировании этих трех аналитических подходов.

Искусственный интеллект

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) очень сильно изменили методы работы с информацией в области судостроения.

Первая область применения ИИ для целей анализа данных – это интерпретация содержимого текстовой информации с применением технологии NLP (Natural Language Processing), которая позволяет системе ИИ понимать контекст и распознавать, к какой именно области информации (правила безопасности, расчеты и т.д.).

Помимо простой интерпретации текста технологии ИИ могут применяться для текстового, контекстного и семантического анализа. Эти виды анализа осуществляют уже интеллектуальную обработку данных, которая позволяет проектантам структурировать информацию таким образом, каким им необходимо для решения конкретных задач. Подобные способы работы сегодня широко применяются и в других областях при решении проблем и нахождении оптимальных проектных решений, основанных на ранее полученном опыте. Рекомендации, которые система выдает для принятия наиболее целесообразных действий, позволяют минимизировать вероятность возникновения возможных ошибок.

Применение систем ИИ для анализа данных способствует переходу на следующий уровень управления знаниями, который называют когнитивным управлением знаниями. В этом отношении в области судостроения наиболее интересными направлениями считаются автоматизированное и интеллектуальное “поглощение” огромных объемов информации (неструктурированных данных), которую можно изучать как описано выше и предоставлять ее инженерам, производителям и операторам в нужное время и в нужном месте.

Технологии ИИ все больше проникают в область проектирования и постройки судов. И здесь главный вопрос связан с возможностью обучения систем таким образом, чтобы алгоритмы, отвечающие за прием информации и принятие решений, отвечали необходимым требованиям (“машинное обучение”).

Еще одним важнейшим на сегодня инструментом для проектирования и постройки судов является применение правил принятия решений. Процесс постройки и эксплуатации судов сопровождаются применением огромного количества правил. Одни из них являются жесткими, другие зависят от множества переменных и параметров. Системы, реализующие этот функционал, предоставляют проектантам “естественные способы” создания правил, которые можно легко изменять и обновлять без необходимости применения низкоуровневого программирования.

На сегодня ведущие разработчики решений, предназначенных для проектирования судов, работают совместно с технологическими компаниями для того, чтобы создавать мощные продукты, объединяющие технологии проектирования судов, постройки и эксплуатации изделий с ведущими технологическими достижениями в области аналитики и ИИ. Внедрение такого рода возможностей в уже существующие процессы на верфях принесет огромную пользу всему судостроению, оказывая огромное влияние на качество изделий, эффективность производства и безопасность эксплуатации.

Новые возможности работы со знаниями изменили алгоритмы работы проектантов и строителей судов. Применение аналитических и когнитивных возможностей специализированного ПО при проектировании и постройке судов позволяет им сконцентрировать свои усилия, используя свои профессиональные навыки, на главной цели – создании качественного изделия – судна.

Проектирование на основе правил в судостроении

За последние годы условия на рынке судостроения сильно изменились. Сроки сдачи судов сократились, соответственно сократилось время проектирования. С другой стороны, значительно сократилась численность персонала на верфях, в результате чего к работе привлекаются люди с меньшей квалификацией.

Практика применения правил проектирования в судостроении получает все большее распространение, поскольку ее преимущества очевидны – верфи существенно повышают свою конкурентоспособность за счет сокращения сроков постройки, повышения качества проектов и эффективного взаимодействия с другими компаниями, не только верфями, но и классификационными обществами, поставщиками оборудования, контролирующими органами, судовладельцами.

Еще в 2004 году Национальная исследовательская судостроительная программа США финансировала проект под названием World Class Material Standards and Parametric Design Rules, главной целью кото-



рого было развитие и внедрение методики проектирования судов и выбора материалов на основе правил. В результате реализации проекта американские верфи должны были быстрее отвечать на все требования заказчиков и в конечном итоге быстрее создавать проекты, в том числе производить оценку стоимости подготовки производства и рабочего проекта. Целью проекта являлось сокращение стоимости в среднем на 33%.

В зависимости от требований могут применяться те или иные правила. Поскольку диапазон их применения очень широк, необходим глубокий анализ для того, чтобы предложить решения, подходящие для конкретных задач. При поиске решений могут рассматриваться несколько критериев: простое удовлетворение критериям проекта, соответствие административным правилам и максимальное сокращение сроков проектирования. При этом необходимо учитывать, что некоторые критерии могут конфликтовать друг с другом. В этом случае важно расставить приоритеты.

Обычно критерий сокращения сроков является оптимальным. Однако иногда может оказаться, что оценка экономии времени оказывается неверной. Например, включение функционала контроля за правилами проектирования в САПР может негативно сказаться на производительности системы, но с другой стороны, в итоге можно получить результат, который не потребует изменений. Поэтому целесообразно сначала внедрить методы проектирования, позволяющие реализовать применение специальных материалов или стандартных элементов, оборудования фитингов и т.д., а затем уже создавать инструменты, позволяющие применить правила проектирования, установленные разными участниками процесса, а также разработать методы и инструменты для проверки на соответствие проекта правилам.

Проектирование судов

Высокая сложность проектов современных судов вынуждает вер-

фи использовать различное ПО для создания модели, выполнения расчетов и проверки их результатов. Очевидно, что чем теснее интеграция используемого ПО, тем меньше времени затрачивается на работу над проектом. На каждом этапе проекта используется большое количество разных правил, что требует применения специализированного ПО. Это в свою очередь мешает объединить весь функционал и все правила в одном месте. Помимо этого, правила постоянно изменяются, что еще больше усложняет ситуацию.

Решению данной проблемы может помочь методология, базирующаяся на системе улучшения качества продукции с анализом отзывов потребителей (Quality Function Deployment, QFD), которая основана на том, что при работе над проектом учитываются опыт и отзывы судовладельцев и команды. Авторы методологии предлагают после сдачи проекта систематизировать замечания пользователей в процентном выражении и учитывать эту информацию в будущих проектах. По имеющимся уже данным, 26,4% нареканий (на втором месте после указаний на дефекты в сборке) приходится на несоответствие проектных решений реальному положению дел на борту судна. На четвертом месте с 9,3% находятся замечания в отношении препятствий, мешающих передвижениям команды по судну. Процент замечаний из этих двух групп можно было бы уменьшить, если бы в процессе работы над проектом в различных приложениях можно было бы использовать правила проектирования.

Таким образом, на сегодня разработчики рассматривают САПР исключительно как инструмент проектирования, а применение правил проектирования является обязанностью конструкторов и инженеров. Между тем, время внедрять в САПР соответствующие методы и инструменты уже пришло. Для этого необходимо классифицировать правила проектирования для разных этапов работы над проектом и включить нужные в САПР.

Этапы проектирования

На этапе предэскизного проекта правила проектирования связаны с расчетами по теории корабля, в частности оценку критерия устойчивости можно рассматривать как одно из правил проектирования. Эти правила устанавливаются международными соглашениями и публикуются Международной морской организацией (ИМО). Интеграция критерия в САПР положительно сказывается на сокращении затрат. В противном случае необходимо экспортировать обводы корпуса во внешний формат файла и производить повторную работу в специализированном ПО. Большинство такого ПО реализует необходимый функционал, но иногда нужно выполнять специальные расчеты на основе параметрических формул, что не каждое ПО позволяет делать.

На этапах эскизного и технического проектов производится задание элементов корпусных конструкций, которые должны удовлетворять правилам классификационных обществ, для этого модели нужно экспортировать в специальный формат для выполнения нужных расчетов. Кроме того, на борту судна должно быть размещено большое количество оборудования, устанавливаемое по определенным правилам (демонтаж, зоны обслуживания), и на этапе технического проекта также необходимо применение определенных правил проектирования, связанных с разбивкой пространства на водонепроницаемые отсеки, помещения и т.д.

По завершении этапа рабочего проекта подразумевается, что процесс проектирования закончен. Хотя на самом деле именно с этого момента его необходимо проверять на соответствие перечисленным правилам.

Из вышесказанного следует, что поставщикам САПР необходимо создавать инструменты и методы по контролю за моделью проекта с точки зрения применения правил проектирования, обеспечивая при этом возможность экспорта модели во внешнее специализированное ПО.

Однако следует иметь в виду, что в зависимости от типа проекта

количество правил может возрастать по экспоненте и в некоторых случаях, особенно в военном кораблестроении, количество правил оказывается настолько велико, что управлять ими становится невозможно, и приложение может просто аварийно завершиться при создании некоторых элементов.

Обработка данных

Описываемый метод основан на объединении всей информации и данных, доступных верфям и проектным бюро, для создания новых правил проектирования и усовершенствования старых и внедрения их в текущий жизненный цикл изделия.

Работа с Большими данными в судостроении существенно отличается от работы с ними в других областях, и эффект от применения правил проектирования здесь, возможно, не столь велик, но для получения качественного проекта эту технологию необходимо применять.

Концепция Больших данных включает в себя большое количество различных технологий, позволяющих эффективно работать с большими объемами данных. Эти технологии, в свою очередь, используют:

- ▶ множество типов правил проектирования:
 - правила проектирования, принимаемые как нормативы;
 - правила проектирования (Design Rules), понимаемые как наработанные методики или положительный опыт, применяемые для оптимизации проектных и производственных процессов;
 - правила проектирования, направленные на оптимизацию процессов проектирования и повышение их эффективности;
- ▶ множество источников данных;
- ▶ различные алгоритмы обработки данных для их применения в процессах проектирования или производства;
- ▶ множество целей применения правил проектирования:
 - адаптация проекта к требованиям и стандартам;
 - повышение качества изделия;
 - улучшение производственных процессов.

Правила проектирования могут и должны применяться на всех этапах работы с данными, основными из которых являются:

- ▶ компиляция или захват;
- ▶ очистка;
- ▶ обеспечение целостности;
- ▶ организация управления.

Компиляция или захват данных

Способы компиляции данных зависят от их источника. В кораблестроении проектные бюро и верфи обладают своими собственными методами работы и проектными правилами. Можно сказать, что этот набор формирует начальную статическую БД. Для того чтобы процессы были эффективными, БД должна быть централизованной и иметь эффективную структуру данных. Эти данные должны быть должным образом подготовлены для применения в проектных процессах, для чего они должны иметь четкую структуру, которую принимает САПР. Некоторые отраслевые эксперты предлагают применять систематизированное хранение правил проектирования в нейтральном формате, не зависящем от конкретной САПР. При этом должно быть обеспечено наличие:

- ▶ краткого описания правила;
- ▶ графического изображения;
- ▶ математического уравнения, описывающего геометрию детали;
- ▶ уникального идентификатора правила;
- ▶ описания действий, которые нужно сделать, если правило выполняется;
- ▶ описания действий, которые нужно сделать, если правило не выполняется.

Однако структура других типов правил проектирования, возможно, потребует адаптации к определенным требованиям, таким как правила классификационных обществ или требования заказчиков. К примеру, это может быть набор правил, применяемых для расположения жилых помещений на кораблях или правила для монтажа корпусных деталей, определяемые производственными возможностями цеха. Сегодня эти действия выполняются вручную с помощью отдельных документов Excel или подобных.

Отдельную группу составляют правила и стандарты, которые контролируют управляющие органы или классификационные общества. Несмотря на то, что они очень похожи, иногда даже одинаковы, каждая организация имеет для них свою собственную структуру. Поэтому такие данные являются неструктурированными, что не позволяет автоматизированным системам их обрабатывать. Таким образом, включение всех этих правил в единую и централизованную систему Больших данных является насущной задачей, которую необходимо реализовать.

При работе над проектами выполняется большое число повторяющихся процессов, которые можно выявить и в дальнейшем осуществлять их автоматически, а также автоматически применять к ним ограничения, налагаемые правилами. Для этого необходим логический формат, описывающий эти процессы (посредством специального языка, например Jason), который может быть воспринят и интерпретирован компьютерной системой. Программа может записать все выполняемые действия, интерпретировать и повторить их либо предугадать действия пользователя и предложить набор допустимых альтернатив, которые могут быть применены автоматически или вручную.

Также существует набор данных, получаемых в результате различных проектных решений, назначением которых является совершенствование проектных алгоритмов, то есть это правила проектирования, повышающие эффективность и качество проекта. Эти данные получают на этапе эксплуатации изделия, часто с использованием технологий Интернета вещей (IoT), и они служат для принятия решений, улучшающих эксплуатационные характеристики судов, а также при создании новых проектов судов.

Очистка данных

Очистка данных – это процесс обнаружения и исправления или удаления неправильных либо поврежденных записей данных, таблиц или БД; обнаружения неполных, некорректных деталей; замены, изменения или удаления ошибок.

ной информации. Процесс очистки данных происходит в интерактивном режиме с использованием технологий Data Wrangling или Data Munging в пакетном режиме с применением специальных скриптов. Очистка может происходить вручную либо с применением специального ПО. Под очисткой вручную понимается применение инструментов, позволяющих самым элементарным образом производить упорядочение и вычистку больших объемов данных. Примером такого инструмента является Excel. Однако существует множество специализированного ПО, например OpenRefine, Trifacta Wrangler и DataCleaner, которое реализует самые сложные алгоритмы очистки данных просто, быстро и очень эффективно.

Типичными примерами очистки данных являются следующие задачи:

- ▶ удаление полей;
- ▶ согласование форматов данных;
- ▶ исправление орфографических ошибок;
- ▶ исправление форматов дат;
- ▶ удаление дублирующих столбцов;
- ▶ удаление неиспользуемых записей.

Целостность данных

После очистки данные не должны противоречить тем, что уже существуют в системе. Причинами возникающих несоответствий обычно являются ошибки, допущенные человеком, повреждение данных, возникающее в процессе их передачи или хранения, или задание данных для одинаковых элементов в разных БД.

Целостность данных обеспечивается благодаря использованию специальных языков программирования (например, R или Python), обладающих мощными библиотеками статистических алгоритмов, которые способны обрабатывать большие файлы со структурированными данными. Такая обработка называется обнаружением данных, которая заключается в использовании набора технологий и методик по интеграции и анализу различных источников данных. Таким обра-

зом, можно обнаруживать связи и шаблоны в источниках данных, что невозможно сделать с помощью традиционных аналитических технологий.

Организация управления данными

Данные должны храниться таким образом, чтобы быть доступными для обработки специальными алгоритмами. Существует множество БД, а также различные критерии, по которым их можно выбирать. Традиционно используются мощные БД Oracle или SQLServer, но сегодня есть БД, построенные и на других технологиях. Это так называемые NoSQL БД, то есть основанные не на классической реляционной модели. В качестве языка запросов используется не только SQL, данные не всегда хранятся в таблицах, обычно не поддерживаются операции объединения (JOIN), не гарантируется обеспечение атомарности-согласованности-изолированности-долговечности (ACID), и обычно они хорошо масштабируются в горизонтальном направлении. Это такие БД, как Hadoop, MongoDB, IBM Informix, Cassandra и др.

Использование знаний

Многие компании обладают огромными объемами знаний, но им не удается использовать этот критически важный ресурс в интересах бизнеса. Между тем, чтобы сделать хороший проект, необходимо не только применять правила проектирования, существующие производственные стандарты и нормы, но также задействовать знания и опыт, накопленные компанией. Эти возможности предоставляют технологии Больших данных, а также искусственного интеллекта и машинного обучения. Все эти технологии могут применяться на разных этапах проектирования.

Существенно упростило бы задачу наличие единого источника получения знаний. И сегодня все больше компаний в своей работе стремятся использовать базы данных, хранящие обобщенную информацию о полученных в пре-

дыдущих проектах практических результатах, чтобы ими могли пользоваться инженеры при работе над новыми проектами. Однако зачастую работа с этой информацией затруднительна, для ее эффективного анализа необходимы мощные рабочие алгоритмы, которые способны устанавливать связи собранной информации с информацией из текущих проектов. Это в частности позволяет осуществлять такой вид машинного обучения, как метод опорных векторов (Support Vector Machine, SVM), используемый для классификации данных и регрессионного анализа.

В конечном итоге необходимо создать соответствующую инфраструктуру, которая позволит в полной мере использовать накопленную информацию. Для этих целей существуют такие системы, как Hadoop – инфраструктурная технология, позволяющая хранить и обрабатывать большие объемы данных, используя системы хранения и распределенные вычисления.

Ведущие компании IT-отрасли вносят свой вклад в развитие этих технологий, например корпорация IBM создала такую систему, как Watson IoT, которая включает широкий набор решений, позволяющих осуществлять интеллектуальный сбор данных.

Таким образом, правила проектирования являются ценнейшим багажом знаний судостроительных компаний и должны быть доступны на всех этапах проектирования и постройки судов. Неоднородность правил, обусловленная различными источниками их происхождения и разными областями применения, не позволяет создать единую систему для работы с ними, но можно выделить среди правил проектирования наиболее важные, которые оказывают максимальный эффект на процессы создания конечного изделия.

Rodrigo Perez Fernandez,
Jesus A. Muñoz Herrero,
компания SENER
Ingenieria y Sistemas, S.A.,
Juan R. Gutierrez Villar,
компания IBM Europe,
Александр Лакизо,
компания SENER Россия



Photo: Courtesy ASMAR.
FORAN screen shot: Courtesy ASMAR. First
prize Screen Shot FORAN Award 2016.

Just design it



FORAN **v80**

The right shipbuilding oriented CAD/CAM System