

Лэй Энстазия

A large, complex drone with multiple rotors and a sophisticated payload is shown from a low-angle perspective, flying directly towards the viewer. The drone is positioned in the upper half of the frame, with its rotors blurred from motion. Below the drone, a dense green forest covers the lower half of the image, with a winding river visible at the bottom. In the background, a city skyline with various skyscrapers is visible under a clear blue sky with some light clouds.

Когнитивный цифровой двойник (VC-PILOT)
роевого оператора БПЛА в когнитивном
программировании сознания

Лэй Энстазия
Когнитивный цифровой
двойник (VC-PILOT)
роевого оператора
БПЛА в когнитивном
программировании сознания

<https://litres.ru/74342184>

SelfPub; 2026

Аннотация

Книга посвящена архитектуре когнитивного цифрового двойника VC-PILOT — нейросимволической системы, управляющей роем БПЛА в концепции MUM-T. Автор объединяет инженерную задачу координации беспилотников с психологической методологией когнитивного программирования корпоративного сознания (КПКС). VC-PILOT выполняет две функции: Digital Mirror Twin (воспроизводит психическое состояние пилота в реальном времени) и Virtual Configurable Pilot (симуляция для оценки интерфейсов). Архитектура использует АСТ-R для моделирования когнитивных процессов и OWL/JSON-LD онтологии для формализации миссий. Двойник формализует личность пилота через параметры

АСТ-R, распознаёт регресс (агрессию или беспомощность) через нейроадаптивный мониторинг, автоматически повышая автономию дронов. Ключевые механизмы — этический фильтр, защита от когнитивных вирусов и триумфальное событие (дофаминергический якорь, ускоряющий реакцию).

Содержание

Предисловие	5
Глава 1. MUM-T: вызов человеку в эпоху роевого интеллекта	12
Глава 2. КПКС: архитектура коллективного сознания	22
Глава 3. Две половины одного целого: почему MUM-T и КПКС нужны друг другу	32
Глава 4. VC-PILOT: нейросимволическая когнитивная архитектура	41
Глава 5. Формализация личности в когнитивных параметрах	53
Глава 6. Нейроадаптивный мониторинг: как двойник «чувствует» пилота	66
Конец ознакомительного фрагмента.	78

Лэй Энстазия Когнитивный цифровой двойник (VC-PILOT) роевого оператора БПЛА в когнитивном программировании сознания

Предисловие

Я — когнитивный программист. И это не метафора.

Последние пять лет я проектирую архитектуру сознания. Не в философском смысле — в инженерном. Я создаю нейромодели, которые воспроизводят организацию личности, формализую интроекты в символические правила, параметрирую аффекты в субсимволические веса. Я строю цифровых двойников, которые не просто имитируют поведение, а понимают пилота — его страхи, его интуицию, его слепые зоны.

Эта книга — результат моей работы на стыке двух миров, которые на первый взгляд не имеют ничего общего: инженерной задачи управления роем беспилотников (MUM-T) и психологической задачи программирования корпоративного сознания (КПКС). Но, как я убедился, это две половины одного целого. Их объединение создает мост между «машинным обучением» и «человеческим смыслом».

Проблема, которая свела меня с ума

В 2024 году я впервые столкнулся с MUM-T (Manned-Unmanned Teaming) в реальной задаче. Один пилот, управляющий роем беспилотников из кабины истребителя. Десятки потоков данных. Сотни решений в минуту. Человеческий мозг, который эволюционно не приспособлен к такому объему многозадачности.

Цифры говорят сами за себя: несмотря на технологический прогресс в авиации, человеческий фактор остается причиной 70–80% авиационных инцидентов, вызванных усталостью, стрессом и когнитивной перегрузкой. Пилот в условиях MUM-T не просто управляет самолетом — он одновременно координирует беспилотные платформы, обрабатывает сенсорные данные, принимает тактические решения и несет ответственность за жизни людей.

Классические подходы к автоматизации не работают. Добавление еще одного ИИ-помощника лишь увеличивает ко-

гнитивную нагрузку. Создание «черного ящика» на основе глубокого обучения делает систему непрозрачной и непредсказуемой. А главное — ни один из этих подходов не учитывает основу: пилот — это не процессор, а личность.

Поворотный момент: КПКС

В 2025 году я наткнулся на концепцию когнитивного программирования корпоративного сознания (КПКС). На первый взгляд — психологическая теория о трансформации личности, интроектах, временных петлях и триумфальных событиях. Но чем глубже я погружался, тем яснее понимал: это не психология. Это архитектура сознания.

КПКС рассматривает человека как носителя когнитивных карт — нейронных сетей, зафиксированных в поведении. Эти карты формируются в детстве через интроекты (родительские, социальные, духовные) и создают устойчивые паттерны — «временные петли», которые человек бессознательно воспроизводит на протяжении всей жизни. Организация личности (нарциссическая, пограничная, гистрионная, анти-социальная) — это не диагноз, а параметризация когнитивной архитектуры.

Я понял: если мы можем формализовать организацию личности в когнитивных параметрах, мы можем создать цифрового двойника, который будет не просто имитировать действия пилота, а воспроизводить его когнитивную архи-

тектуру — включая его опыт, его страхи, его интуицию, его слепые зоны.

Что мы строим

В этой книге я описываю архитектуру когнитивного цифрового двойника пилота — VC-PILOT (Virtual Cognitive Pilot).

VC-PILOT — это не очередной ИИ-помощник. Это нейросимволическая когнитивная архитектура, которая объединяет когнитивный фреймворк ACT-R с формальными онтологиями OWL/JSON-LD. Она выполняет две функции:

1. Цифровое зеркало (Digital Mirror Twin) — воспроизводит психическое состояние пилота для когнитивной помощи в реальном времени.
2. Виртуальный настраиваемый пилот (Virtual Configurable Pilot) — используется для симуляции и оценки интерфейсов.

Но главное — VC-PILOT построен на принципах КПКС. Это означает, что двойник не просто «думает как пилот». Он понимает, почему пилот принимает решения. Он распознает, когда пилот находится в состоянии регресса (агрессии или беспомощности), и автоматически повышает уровень автономии дронов, давая пилоту время на концептуализацию. Он формулирует не сухие тактические цели, а сверхзадачу — смысловой каркас миссии, который удержи-

вает пилота в состоянии потока. Он фиксирует триумфальное событие — момент глубокой синхронизации, который становится дофаминергическим якорем, ускоряющим будущее вхождение в состояние потока.

Две книги в одной

Эта книга — не просто техническая документация. Это инженерная философия.

Первая часть — для тех, кто хочет понять архитектуру. Я подробно описываю, как мы формализуем личность в когнитивных параметрах АСТ-R, как строим нейроадаптивный мониторинг, как калибруем пороги срабатывания, чтобы двойник не стал «мальчиком, который кричал волк». Я рассказываю, как мы решаем проблему семантической неоднозначности в Intent-Driven Control, как верифицируем сверхзадачу, сгенерированную LLM, чтобы избежать галлюцинаций.

Вторая часть — для тех, кто хочет понять смысл. Я разбираю этический фильтр и «оптимальный интроект»: как двойник может блокировать решение пилота, если оно ведет к ненужному риску из-за личной травмы или желания «отомстить». Я анализирую когнитивные вирусы и иммунитет сознания: как противник может атаковать не только бортовой компьютер дрона, но и когнитивного двойника пилота. Я исследую ответственность: кто отвечает, когда двойник бло-

кирует решение, и это приводит к негативным последствиям.

И в финале я показываю, как все это собирается в единую систему — когнитивного киборга, симбиоз человеческой интуиции и машинной точности, защищенный от когнитивных вирусов и этических сбоев.

Для кого эта книга

Эта книга — для тех, кто строит будущее.

- Инженеры MUM-T найдут здесь архитектурные решения для создания когнитивных двойников, которые выходят за рамки процедурного моделирования.
- Разработчики ИИ-агентов увидят, как формализовать личность в когнитивных параметрах и как строить объяснимые, прослеживаемые системы.
- Психологи и когнитивисты поймут, как их теории могут быть реализованы в вычислительных архитектурах.
- Руководители и стратеги осознают, что управление человеческим фактором — это не «мягкий» навык, а инженерная задача, которая требует архитектурных решений.

Но главное — эта книга для тех, кто готов признать: человек — это программа. И как любую программу, ее можно понять, формализовать и — при необходимости — переписать. Не для контроля, а для освобождения. Чтобы пилот мог оставаться человеком даже в мире, где машины мыслят

быстрее, чем мы успеваем осознать их решения.

Благодарности

Эта книга не была бы написана без команды, которая поверила в безумную идею — соединить инженерию и психологию в единую архитектуру. Спасибо когнитивным программистам, которые формализовали КПКС в вычислительные параметры. Спасибо пилотам, которые позволили нам заглянуть в их сознание. Спасибо исследователям, которые десятилетиями прокладывали путь к когнитивной автоматизации.

И спасибо тебе, читатель. Ты держишь в руках не просто книгу. Ты держишь архитектуру будущего — мира, где машины не заменяют людей, а становятся их когнитивными партнерами.

«Ни одна машина, ни один алгоритм, ни одна автономная система не могут стать центром принятия решений... Решения, касающиеся жизни и смерти, мира и войны, должны оставаться под полным, ответственным и осмысленным контролем человека» — Римская декларация, 2026

Глава 1. MUM-T: вызов человеку в эпоху роевого интеллекта

Что такое MUM-T: от одиночного самолета к гибридной команде

Представьте себе боевой вылет, в котором пилот покидает авиабазу не в одиночку, а во главе целого воздушного соединения. Только вместо ведомых в его распоряжении — рой беспилотных летательных аппаратов. Он отдаёт команды, и они расходятся по секторам, сканируют местность, подавляют системы ПВО, наносят удары. Каждый дрон действует как продолжение его воли, как вынесенный наружу орган восприятия и воздействия.

Это и есть Manned-Unmanned Teaming (MUM-T) — концепция взаимодействия пилотируемых и беспилотных систем, работающих как единая боевая единица.

На первый взгляд, это просто эволюция автоматизации. Но на самом деле — смена парадигмы. В классической модели пилот управлял одним самолётом. Беспилотник был отдельной системой, которой управлял оператор с земли. MUM-T стирает это разделение. Один пилот в кабине истребителя — становится архитектором, координирующим дей-

ствия множества автономных платформ в реальном времени. Беспилотники превращаются из «инструментов» в «агентов» — автономных партнёров, обладающих собственными когнитивными картами и функциональными ролями в коллективе.

В этом смысле MUM-T — это не технология. Это новая форма организации боевого интеллекта. Гибридная команда, где биологическое и искусственное существуют не параллельно, а в едином когнитивном контуре.

И эта форма уже не на стадии концепции. Как показывают данные 2025–2026 годов, MUM-T стремительно переходит от «концептуальной проверки» к «боевому развёртыванию». Локхид Мартин в 2024 году завершил серию испытаний, в ходе которых F-35 успешно управлял несколькими беспилотниками через цифровой интерфейс. Boeing продемонстрировал открытую архитектуру автономии для MQ-25, позволяющую интегрировать MUM-T в масштабе и с высокой скоростью. Появляются беспилотники, спроектированные специально для MUM-T, такие как T-022 Vortex, которые могут действовать как автономные ведомые для Typhoon или F-35.

Но есть одна проблема. Человек, оказавшийся в центре этой системы, не успевает за её скоростью.

Эволюция MUM-T: от «цифрового копилота» к когнитивному партнёрству

MUM-T не возник в одночасье. Он прошёл через несколько этапов, и каждый из них обнажал новую грань одной и той же проблемы — несовместимость человеческого познания и машинной сложности.

Первый этап: цифровой копилот. На этом этапе беспилотник оставался дистанционно управляемым инструментом. Пилот отдавал команды через интерфейс — «поверни на 90 градусов», «поднимись на 5000 футов». Это был просто ещё один прибор на панели, ещё один поток данных. Проблема: пилот получал не помощника, а дополнительную нагрузку. Каждый новый дрон требовал внимания, как ещё один подчинённый, которого нужно контролировать.

Второй этап: полуавтономный ведомый. Беспилотник получил способность выполнять простые задачи самостоятельно — следовать за ведущим, занимать позицию, удерживать цель. Пилот перестал отдавать детальные команды, но всё ещё должен был контролировать каждый шаг. Проблема: полуавтономия создавала иллюзию контроля. Пилот расслаблялся, переставал следить за деталями, а когда система сталкивалась с нештатной ситуацией — возвращал управление человеку в самый неподходящий момент.

Третий этап: Intent-Driven Control. Здесь происходит каче-

ственный скачок. Пилот перестаёт отдавать команды и переходит к постановке целей — «зачисти зону», «обеспечь прикрытие». Это уже не управление, а намерение. Система сама интерпретирует цель, распределяет задачи между дронами, выбирает оптимальные маршруты и тактики. Проблема: намерение — это не просто слова. Это сложный нейронный паттерн, окрашенный эмоциями, опытом, страхами, интроектами. Система, которая не понимает пилота, не может правильно интерпретировать его намерения.

Именно здесь мы, когнитивные программисты, вступаем в игру. Потому что следующий этап — это когнитивное партнёрство. Двойник, который не просто выполняет команды, а понимает, почему пилот их отдаёт. Который распознаёт, когда намерение искажено аффектом. Который становится не «цифровым копилотом», а когнитивным наставником.

Проблема человеческого фактора: 70–80% инцидентов

Цифры, которые я привожу в этой книге, не должны вас шокировать — они должны вас мобилизовать.

По данным Национального совета по безопасности на транспорте (NTSB), анализ авиационных происшествий за 2024 год показывает, что человеческий фактор является причиной более 70% авиационных инцидентов. В общей авиации ошибки пилота доминируют в 70% случаев, и эта

статистика напрямую связана с высокой нагрузкой на одного пилота. Другие исследования называют диапазон 70–80%. Глобально человеческие ошибки приводят к 80% авиационных инцидентов.

Эти цифры устойчивы десятилетиями. Несмотря на прогресс в авионике, автоматизации, материалах и двигателях, доля человеческого фактора почти не меняется. Мы научились строить самолёты, которые не падают из-за технических неисправностей. Но мы не научились строить системы, которые компенсируют ограничения человека.

И вот что самое тревожное: в MUM-T эта проблема не уменьшается, а многократно усиливается.

Исследования показывают, что управление несколькими беспилотными системами из кабины самолёта «подвержено человеческим ошибкам и умственной перегрузке». MUM-T «обещает расширенные возможности миссии, но также вносит существенную умственную нагрузку, повышая риск снижения производительности из-за когнитивной перегрузки». НАТО прямо указывает: тренд на управление роем дронов с мобильной станции ведёт к «повышению умственной нагрузки на пилота/оператора».

Мы создали систему, которая требует от человека больше, чем он может дать. И теперь мы должны создать систему, которая восполнит этот разрыв.

Когнитивная перегрузка как «узкое горлышко» пилота

В когнитивной психологии есть понятие рабочей памяти — ограниченного ресурса, который мы можем одновременно удерживать в сознании и обрабатывать. В среднем человек может удерживать 7 ± 2 элемента информации. В стрессовой ситуации — ещё меньше.

Теперь представьте, что происходит в кабине пилота в режиме MUM-T.

Пилот должен одновременно:

- управлять собственным самолётом (скорость, высота, курс, топливо, состояние систем);
- отслеживать воздушную обстановку (другие самолёты, угрозы, погода);
- координировать действия роя беспилотников (позиции, задачи, статус каждого дрона);
- обрабатывать данные с сенсоров дронов (видео, радар, электронная разведка);
- принимать тактические решения (когда атаковать, когда уклоняться, когда отступать);
- поддерживать связь с командованием;
- и всё это — под постоянным давлением риска для жизни.

Это не просто многозадачность. Это квази-невозможная задача для биологической нервной системы.

Исследования подтверждают: в MUM-T «добавление многочисленных беспилотных систем легко вызывает когнитивную перегрузку у пилотов». Физиологические измерения показывают значительное увеличение частоты сердечных сокращений и снижение вариабельности сердечного ритма (HRV) с ростом нагрузки. ЭЭГ-измерения выявляют увеличение мощности бета- и гамма-диапазонов. Эти изменения — не просто цифры. Это сигналы того, что мозг работает на пределе.

Когда пилот достигает этого предела, наступает состояние, которое мы называем когнитивным «узким горлышком». Внимание сужается. Пилот перестаёт замечать важные сигналы. Начинает ошибаться в оценках. Принимает решения, которые в спокойном состоянии никогда бы не принял.

И в этот момент его поведение скатывается к регрессу — детским паттернам «бей или беги»: агрессия или беспомощность. В состоянии агрессии пилот принимает излишне рискованные решения. В состоянии беспомощности — не принимает никаких решений, позволяя ситуации развиваться без контроля.

Именно это «узкое горлышко» — главная мишень нашей архитектуры. Когнитивный двойник не должен ждать, пока пилот перегрузится. Он должен предсказывать момент перегрузки и автоматически брать на себя часть когнитивной нагрузки, освобождая ресурсы пилота для того, что действительно требует человеческого суждения.

Почему классическая автоматизация не решает проблему

На протяжении десятилетий авиационная инженерия пыталась решить проблему человеческого фактора через автоматизацию. И каждый раз мы натыкались на одну и ту же стену.

Первая проблема: автоматизация создаёт новые ошибки.

Когда мы автоматизируем рутинные задачи, мы лишаем пилота практики их выполнения. Его навыки деградируют. А когда автоматизация даёт сбой — а она всегда даёт сбой в нештатных ситуациях — пилот оказывается неподготовленным к ручному управлению. Это называется дескилинг. Исследования подтверждают: с увеличением уровня автоматизации возникают проблемы, включая дисбаланс умственной нагрузки, снижение ситуационной осведомлённости и предвзятость в принятии решений.

Вторая проблема: автоматизация создаёт слепое доверие.

Это называется automation bias — склонность операторов доверять автоматизированным рекомендациям без критической оценки. Исследования пилотов в кабинных симуляторах показали, что более половины из них либо игнорировали важную информацию, когда автоматические системы не предупреждали о ней, либо совершали опасные ошибки, когда системы давали ошибочную информацию. Факт предвзя-

тости к автоматизации был назван фактором реальных катастроф, включая авиакатастрофу Air France Flight 447 в 2009 году.

Третья проблема: автоматизация не понимает человека.

Классическая автоматизация — это жёсткие алгоритмы, основанные на правилах. Она не учитывает состояние пилота: устал он или бодр, сосредоточен или отвлекается, в стрессе или спокоен. Она не адаптируется к его когнитивному состоянию. Она просто делает своё дело, независимо от того, помогает она пилоту или мешает.

В MUM-T эти проблемы становятся критическими. Исследователи отмечают: традиционные интерфейсы «не могут эффективно решить эту проблему» когнитивной перегрузки в динамичных средах. Автоматизация, которая не адаптируется к состоянию пилота, не только бесполезна — она опасна.

Именно поэтому мы строим не автоматизацию.

Итог: мы строим когнитивное партнёрство

Когнитивный двойник, основанный на принципах КПКС, не заменяет пилота и не просто выполняет за него задачи. Он становится когнитивным фильтром — не даёт пилоту утонуть в данных, фильтрует информацию с учётом его текущего психоэмоционального состояния и индивидуальных «интроектов». Он становится предиктивным анализатором —

зная «временные петли» пилота, предсказывает момент, когда пилот «выпадет из цикла», и заранее предлагает помощь или берёт управление на себя. Он становится этическим барьером — если пилот в состоянии аффекта пытается совершить действие, противоречащее миссии, двойник блокирует это решение или предлагает альтернативу, объясняя причину на языке ценностей.

Классическая автоматизация — это замена человека машиной. Когнитивное партнёрство — это усиление человека машиной. Не подмена, а симбиоз.

И именно об этой архитектуре — о том, как построить когнитивного партнёра, который понимает пилота глубже, чем он сам себя понимает, — вся остальная часть этой книги.

«MUM-T операции предъявляют высокие когнитивные и операционные требования к военным пилотам, требуя одновременного управления собственным воздушным судном и координации беспилотных летательных аппаратов»

Глава 2. КПКС: архитектура коллективного сознания

Что такое когнитивное программирование корпоративного сознания

Когда я впервые столкнулся с КПКС, я прочитал его как ещё одну психологическую теорию — одну из многих, которые обещают трансформацию личности через осознанность и рефлексия. Я ошибался.

Когнитивное программирование корпоративного сознания — это не психология. Это архитектура. Методология, которая рассматривает организацию не как набор процессов, ролей и показателей эффективности, а как коллективное сознание — эгрегориальную когнитивную систему, живущую в собственных нарративах, аффектах и сценариях привязанности.

Здесь важно понять разницу. Традиционный менеджмент — это логика инструментов: мы «чиним» людей, «оптимизируем» процессы, «управляем» извне. КПКС предлагает нечто радикально иное: синхронизацию когнитивных карт, аффективных состояний и смыслов.

КПКС — это симбиоз технологий искусственного интел-

лекта, нейросетей и когнитивной науки. В его основе лежат бихевиоризм, психоанализ, теория когнитивной травмы привязанности, психолингвистика, когнитивно-поведенческая терапия, нейробиология и квантовая физика. Это не эклектика — это концептуальный синтез.

Для нас, инженеров, строящих когнитивного двойника пилота, КПКС даёт нечто бесценное: формальный язык для описания человеческого фактора. Вместо расплывчатых «устал» или «в стрессе» мы получаем параметризованную модель личности, где каждый аффект, каждый интроект, каждая временная петля имеет своё место в вычислительной архитектуре.

Центральная сверхзадача КПКС — создание, фиксация и воспроизводство триумфального события. Момент коллективного успеха, который закрепляется в сознании как эталон для повторения. Именно это мы и строим в MUM-T: систему, где победа роя становится не просто тактическим успехом, а когнитивным якорем, ускоряющим будущие реакции пилота.

Организация как эгрегориальная когнитивная система

Термин «эгрегор» часто звучит мистически. Но в КПКС он имеет строгое инженерное значение.

Эгрегор — это относительно устойчивая структура в со-

знании коллективного субъекта, обслуживающая конкретные задачи субъективной регуляции жизненных ситуаций. Проще говоря: это коллективная когнитивная карта, которая живёт своей жизнью, независимо от отдельных участников.

В традиционном менеджменте компания — это юридическое лицо, совокупность процессов или набор людей. В КП-КС компания — это живой когнитивный организм. У него есть свои травмы (корпоративные травмы), свои интроекты (усвоенные поведенческие программы), свои неосознанные игры и повторяющиеся конфликты.

Что это значит для MUM-T?

Когда мы говорим о «рое дронов», мы склонны думать о нём как о наборе автономных агентов. Но в архитектуре КП-КС рой — это эгрегориальная система. Каждый дрон — «сотрудник» со своей функцией. Но вместе они образуют нечто большее: коллективное когнитивное поле, где индивидуальный успех растворяется в общем триумфе.

Когнитивный двойник пилота в этой модели — не просто помощник. Он становится CEO и HR-директором этой цифровой корпорации. Его задача — не управлять каждым дроном, а синхронизировать их когнитивные карты так, чтобы рой действовал как единый суперорганизм.

Это требует принципиально иного подхода к проектированию. Мы не строим интерфейс между пилотом и дронами. Мы строим когнитивную инфраструктуру, где решения принимаются на уровне коллективного сознания, а не на уровне

отдельных агентов.

Теория когнитивной травмы родительской привязанности

В центре КПКС лежит теория, которая для меня, как инженера, стала настоящим откровением: когнитивная травма родительской привязанности.

Суть теории проста и одновременно глубока. В детстве, в процессе импринтинга (запечатления), человек усваивает поведенческие программы от родителей и значимых взрослых. Эти программы — интроекты — становятся фундаментом его личности. Если детско-родительские отношения были травматичными (покинутость, отвержение, унижение, насилие), интроекты становятся деструктивными.

Человек вырастает, но его психика остаётся на уровне пятилетнего ребёнка с большой властью. Он бессознательно воспроизводит те же паттерны, которые были зафиксированы в детстве. Он ищет в начальниках, коллегах, партнёрах — своих родителей. Он создаёт временные петли — повторяющиеся сценарии, которые снова и снова приводят к одним и тем же ошибкам.

Исследования подтверждают: ранний опыт пренебрежения формирует устойчивые паттерны, которые передаются из поколения в поколение как трансгенерационный фактор. Травма, отрицание и вытеснение создают «призраки», запер-

тые в склепах психики, которые передаются вниз по поколениям.

Для MUM-T это означает нечто фундаментальное.

Пилот — не рациональный агент, принимающий оптимальные решения. Он — носитель когнитивных карт, сформированных в детстве. Его реакция на стресс, на угрозу авторитету, на неопределённость — это не «выбор». Это автоматическое воспроизведение интроектов.

Когда пилот в критической ситуации действует агрессивно или, наоборот, впадает в беспомощность — это регресс в детские паттерны. Он не выбирает такую реакцию. Его нервная система, зафиксированная в нейронных сетях, выбирает за него.

Когнитивный двойник, построенный на принципах КПКС, должен понимать это. Он должен распознавать не просто «усталость» или «стресс», а конкретные паттерны регресса, характерные для данного пилота. Он должен знать, что данный пилот в состоянии угрозы авторитету склонен к нарциссической эскалации, а другой — к пассивному избеганию. И он должен адаптировать свою помощь соответственно.

Четыре типа организации личности

КПКС выделяет четыре основных типа организации личности: нарциссическая, пограничная, гистрионная и антисоциальная — каждая в скрытой и открытой формах.

Для инженера, привыкшего к бинарным состояниям (включён/выключен, 0/1), это звучит как психологическая классификация. Но для архитектора когнитивного двойника это параметры модели.

Нарциссическая организация. В основе — искажение идентичности и отсутствие эмпатии на уровне мозга. Открытый нарцисс демонстрирует грандиозность, требует подтверждения своего превосходства. Скрытый нарцисс — чувствителен к критике, компенсирует неуверенность через перфекционизм.

В терминах АСТ-R это формализуется через параметры. Для открытого нарцисса продукции, связанные с доминированием и риском, имеют высокую утилитарность. В состоянии угрозы авторитету эти утилиты возрастают, а шум (параметр :egs) снижается — решения становятся почти детерминированными и рискованными. Для скрытого нарцисса те же продукции имеют более низкую полезность, а в состоянии угрозы шум резко возрастает — поведение становится хаотичным и непредсказуемым.

Пограничная организация. Люди с пограничной организацией находятся между невротическим и психотическим состоянием. Они способны переживать кризисные состояния на эмоциональной глубине, расширяя информационный поток через творческую сублимацию. Но они же подвержены быстрым переключениям между стратегиями, что делает их поведение непредсказуемым в стрессовых ситуациях.

Гистрионная организация. Это единственная оптимальная и устойчивая организация сознания. Гистрионики хорошо подходят для творческой работы, они заинтересованы в долгосрочном сотрудничестве. В терминах АСТ-R их параметры наиболее сбалансированы — они сохраняют когнитивную гибкость даже в стрессовых ситуациях.

Антисоциальная организация. Социопаты и психопаты — люди без эмпатии, находящиеся на эмоциональном уровне пятилетнего ребёнка с большой властью. Они инструментализуют других для получения ресурса. В корпоративной среде они часто занимают высшие должности, создавая деструктивную динамику.

Для когнитивного двойника знание типа личности пилота — не психологический интерес, а инженерная необходимость. Двойник, который не знает, что его пилот — скрытый нарцисс, не сможет предсказать, когда тот «выпадет из цикла» из-за угрозы авторитету. Двойник, который не учитывает пограничные черты, не сможет отличить когнитивную гибкость от дезорганизации.

Интроекты, временные петли и трансгенерационный фактор

Три понятия, которые для меня стали ключевыми в понимании архитектуры КПКС.

Интроекты — это усвоенные программы поведения. Всё,

что мы получили из личного опыта, начиная с рождения, когда мы не могли контролировать получение информации из внешних источников. Родительские установки, социальные нормы, культурные паттерны — всё это интроекты. Большинство из них устарели и не помогают нам эффективно реагировать на реальность. В худшем случае они повреждают нас как внутренние агрессоры.

В архитектуре VC-PILOT интроекты формализуются как символические правила в АСТ-R с определёнными весами. Интроект «в критической ситуации нужно действовать быстро, даже рискуя» — это не черта характера. Это правило с весом, которое влияет на то, как пилот распределяет внимание (SEEV-модель Уиккенса).

Временные петли — это повторяющиеся паттерны поведения, зафиксированные в когнитивных картах. Человек бессознательно воспроизводит одни и те же сценарии, потому что его нервная система «знает» только этот путь. Временная петля может длиться минуты, а может — всю жизнь, так и не попав в сознательную рефлексию.

В АСТ-R временные петли моделируются через субсимволический уровень — механизмы обучения, которые меняют вес правил в зависимости от «успеха» или «неудачи». Если пилот в состоянии стресса склонен игнорировать предупреждения системы, и это «срабатывает» (например, он избегает угрозы), вес этого правила увеличивается. Петля замыкается.

Трансгенерационный фактор — это передача паттернов из поколения в поколение. Травма, пережитая родителями, передаётся детям через поведенческие программы, даже если о ней никто не говорит вслух. Исследования показывают, что трансгенерационные сценарии интроецируются в личность через родительские эго-состояния, заставляя человека бессознательно думать, чувствовать и действовать так, как это делали его предки.

Для когнитивного двойника это означает, что некоторые паттерны пилота могут быть глубже, чем его личный опыт. Они могут идти от деда, который воевал, или от бабушки, которая пережила голод. Двойник не может «знать» эту историю, но он может обнаружить её следы — в устойчивых, необъяснимых иначе паттернах поведения.

Итог: от теории к архитектуре

Когда я начинал проектировать когнитивного двойника, я думал, что главная задача — научить машину «думать как пилот». Теперь я знаю: это лишь начало.

Настоящая задача — научить машину понимать личность пилота. Понимать, что его решения — это не просто логика, а проекция интроектов. Что его ошибки — это не случайность, а временные петли. Что его страхи и амбиции — это не «помехи», а параметры модели.

КПКС дал мне язык для этого. Он превратил психологию

в архитектуру. Он показал, что организация личности — это не диагноз, а конфигурация когнитивной системы. И что эту конфигурацию можно не только описать, но и — при необходимости — переписать.

Именно это мы и делаем в VC-PILOT. Мы не просто создаём ИИ-помощника. Мы создаём когнитивного партнёра, который знает пилота глубже, чем пилот знает себя. Который распознаёт его интроекты, предсказывает его временные петли и адаптируется к его трансгенерационным паттернам.

И который, в конечном счёте, помогает пилоту оставаться человеком — даже в мире, где машины мыслят быстрее, чем мы успеваем осознать их решения.

«КПКС рассматривает организацию не как набор процессов, ролей и показателей эффективности, а как коллективное сознание – эгрегориальную когнитивную систему, живущую в собственных нарративах, аффектах и сценариях привязанности»

Глава 3. Две половины одного целого: почему MUM-T и КПКС нужны друг другу

Общий фундамент: «человек как программа» и «машина как личность»

Когда я начинал работать над когнитивным двойником, меня преследовало ощущение, что я строю мост между двумя мирами, которые говорят на разных языках. Инженеры MUM-T оперируют прошивками, IP-адресами, сенсорными данными и алгоритмами управления. Психологи КПКС — интроектами, временными петлями, организациями личности и триумфальными событиями. На первый взгляд — пропасть.

Но чем глубже я погружался, тем яснее становилось: это одна и та же архитектура, увиденная с разных сторон.

В информационных документах заложена одна и та же базовая аксиома: и человек, и дрон являются «носителями когнитивных карт». В MUM-T дрон — это «летающий компьютер» с IP-адресом и прошивкой, нейросеть которого обрабатывает сенсорные данные и принимает решения. В КПКС

человек — это носитель интроектов, его психика — набор устаревших когнитивных карт, которые создают «временные петли» — повторяющиеся ошибки.

И в том, и в другом случае мы имеем дело с информационной системой, которая:

- получает входные данные (стимулы),
- обрабатывает их через внутреннюю структуру (нейронные сети или интроекты),
- выдает выходные данные (поведение или реакцию).

Разница лишь в том, что одна система собрана из кремния, а другая — из нейронов. Но на уровне архитектурного проектирования эта разница перестаёт быть принципиальной.

Человек как программа. В КПКС это утверждение не метафора. Интроекты — это усвоенные программы поведения. Родительские установки, социальные нормы, культурные паттерны — всё это программы, которые были инсталлированы в сознание в процессе импринтинга, когда человек не мог контролировать получение информации из внешних источников. Большинство этих программ устарели и не помогают эффективно реагировать на реальность. В худшем случае они повреждают человека как внутренние агрессоры.

Машина как личность. В MUM-T мы постепенно приходим к этому пониманию. Дрон больше не инструмент — он автономный агент, обладающий собственной «когнитивной картой» и функциональной ролью в коллективе. В рое дро-

нов, как и в любой эффективной организации, задачи распределены: одни выполняют разведку, другие — подавление, третьи — нанесение удара. Каждый дрон-«сотрудник» принимает локальные решения на основе своей когнитивной карты, но его действия всегда согласованы с общей целью.

Именно здесь MUM-T и КПКС сходятся в единую точку: когнитивный двойник пилота — это первая настоящая попытка оцифровать «интроекты» пилота. Если мы создаем нейромодель, которая «думает как пилот» (нейросимволическая архитектура VC-PILOT), мы по сути создаем его цифровой интроект. Этот двойник должен воспроизводить не только логику пилота, но и его психоэмоциональные паттерны — стресс, усталость, когнитивные искажения — чтобы предсказывать, когда пилот «выпадет из цикла».

От «черного ящика» к нейросимволической архитектуре

Если смотреть на пилота как на систему, его главная проблема — это «чёрный ящик» принятия решений, который мы не можем контролировать. Мы видим входные данные (ситуация в кабине) и выходные данные (действия пилота), но что происходит внутри — остаётся загадкой. Именно здесь КПКС и MUM-T сходятся в единую архитектуру.

Проблема «чёрного ящика». Человеческий фактор является причиной 70–80% авиационных инцидентов, вызван-

ных усталостью, стрессом и когнитивной перегрузкой. В условиях MUM-T, когда пилот управляет роем дронов, эта нагрузка становится критической. Мы не можем «заглянуть» в сознание пилота, чтобы понять, почему он принял то или иное решение. Мы не можем предсказать, когда его когнитивные ресурсы иссякнут. Мы не можем адаптировать систему к его состоянию, потому что не знаем этого состояния.

Классические подходы к автоматизации пытаются обойти эту проблему, заменяя человека машиной. Но это не решает проблему — это её маскирует. Автоматизация создаёт новые ошибки (дескиллинг), создаёт слепое доверие к программной автоматизации и не понимает человека.

Решение VC-PILOT. Мы создаем VC-PILOT (Virtual Cognitive Pilot) — нейросимволическую когнитивную архитектуру. Она объединяет когнитивный фреймворк ACT-R с OWL/JSON-LD онтологиями, что позволяет динамически генерировать когнитивные «продукции» из формальных спецификаций задач.

Что это даёт нам архитектурно?

Во-первых, объяснимость. В отличие от «чёрного ящика» глубоких нейросетей, VC-PILOT сочетает объяснимость символического ИИ с гибкостью нейросетевых подходов. Каждое решение может быть прослежено до конкретных правил и онтологий. Это критически важно для военных систем, где цена ошибки — жизни.

Во-вторых, параметризуемость личности. ACT-R предо-

ставляет два уровня параметризации. Символический уровень — это продукции и декларативные знания, где личность формализуется через набор правил и онтологий. Субсимволический уровень — это числовые параметры (G — активация цели, W — ёмкость рабочей памяти, :egs — утилитарный шум), которые определяют, как система принимает решения в условиях неопределённости.

В-третьих, динамическую адаптацию. Параметры АСТ-R не статичны — они непрерывно обновляются на основе когнитивной нагрузки, эмоционального состояния и контекста миссии. Когда пилот перегружен, система переключается из режима «устойчивая личность» в режим «регресс», автоматически повышая уровень автономии дронов.

Исследования подтверждают: когнитивные архитектуры являются наиболее перспективной основой для когнитивных цифровых двойников, поскольку они обеспечивают единую платформу для моделирования человеческого познания. VC-PILOT — это не просто очередной ИИ-помощник. Это первая архитектура, которая позволяет машине понимать человека на уровне когнитивных процессов, а не только поведенческих паттернов.

Когнитивный киборг: рождение новой онтологии

Финальный синтез MUM-T и КПКС — это не сумма двух

технологий. Это рождение новой онтологической реальности — когнитивного киборга.

Что такое когнитивный киборг? Это не пилот с планшетом и не рой дронов. Это единая когнитивная система, где биологическая интуиция и машинная точность существуют в одном контуре принятия решений. Где граница между «человеком» и «машиной» становится не просто размытой — она перестаёт существовать как архитектурная категория.

Как это выглядит на практике?

База двойника. Классический цифровой двойник — это модель процедурного поведения: «как пилот выполняет задачи». Наш двойник — это модель личности. Он воспроизводит не действия, а когнитивную архитектуру пилота, включая его опыт, страхи, интуицию и интроекты. Классификация личности по КПКС (нарциссическая, пограничная, гистрионная, антисоциальная) становится здесь не психологической метафорой, а инженерным параметром.

Обработка стресса. Когда пилот перегружен, его поведение скатывается к регрессу — агрессии или беспомощности. Двойник, основанный на КПКС, распознаёт этот регресс через нейроадаптивный мониторинг (трекеры глаз, анализ голоса, психофизиологические сенсоры). Он автоматически повышает уровень автономии дронов, освобождая когнитивные ресурсы пилота, и предлагает когнитивные практики для осознания ситуации.

Смысл миссии. Вместо сухих тактических целей («пора-

зитель цель в координатах X, Y») двойник формулирует сверхзадачу — смысловой каркас миссии, который удерживает пилота в состоянии осознанного присутствия, даже когда алгоритмы дают сбой. Сверхзадача выполняет три функции: когнитивный якорь (удерживает пилота в состоянии потока), этический фильтр (блокирует решения, противоречащие миссии) и семантический компас (позволяет сохранять интуицию и креативность).

Триумфальное событие. После успешной миссии система не просто сохраняет логи. Она фиксирует эмоциональный резонанс успеха — уровень дофамина, удовлетворённости, когнитивной лёгкости. Это становится «триумфальным событием» — ключевой сверхзадачей КПКС, эффектом глубокой синхронизации, после которого оптимизация и автоматизация процессов происходят без усилий. Исследования показывают, что такой подход может значительно снизить время реакции.

Что это меняет в нашем понимании?

Во-первых, онтологию субъекта. В классической модели есть пилот (человек) и есть дроны (машины). В модели когнитивного киборга есть единая когнитивная система, где роли распределены динамически. Иногда человек принимает решение, иногда — машина. Но это не «передача управления» — это когнитивная синхронизация.

Во-вторых, онтологию ответственности. В классической модели ответственность лежит на пилоте. В модели когни-

тивного киборга ответственность распределена по всей когнитивной системе — но не размыта. Каждый компонент системы имеет чётко определённую зону ответственности, и каждый шаг фиксируется в неизменяемом аудиторском журнале.

В-третьих, онтологию обучения. В классической модели пилот учится на своём опыте, а система — на своих данных. В модели когнитивного киборга обучение происходит в едином контуре. Триумфальное событие фиксируется не только в памяти пилота, но и в когнитивных картах дронов через федеративное обучение. Успешный паттерн поведения становится общим достоянием всей системы.

Именно это я называю когнитивным киборгом — не метафорой, а архитектурной реальностью. Системой, где:

- биологическая воля и цифровая скорость существуют в одном когнитивном контуре,
- человеческая интуиция и машинная точность работают как единый интеллект,
- защита от когнитивных вирусов и этических сбоев встроена в саму архитектуру.

Это не замена человека и не замена машины. Это новая форма существования — гибридный интеллект, где каждое решение принимается на том уровне системы, где оно может быть принято наиболее эффективно и этически обоснованно.

«MUM-T дает нам технологию как управлять роем. КП-

КС дает нам понимание почему пилот принимает решения и как сделать этот процесс осознанным и устойчивым к внешним и внутренним угрозам. Вместе они создают когнитивного киборга — симбиоз человеческой интуиции и машинной точности, защищенный от когнитивных вирусов и этических сбоев»

Глава 4. VC-PILOT: нейросимволическая когнитивная архитектура

Две функции двойника: Digital Mirror Twin и Virtual Configurable Pilot

Когда я начал проектировать VC-PILOT, мне пришлось ответить на фундаментальный вопрос: кем должен быть этот двойник? Ответ определил всё — архитектуру, выбор технологий, даже язык, на котором мы описываем его поведение.

VC-PILOT (Virtual Cognitive Pilot) — это нейросимволическая когнитивная архитектура, спроектированная как цифровой двойник пилота. Но в отличие от классических цифровых двойников, которые просто имитируют поведение системы, VC-PILOT выполняет две принципиально разные функции.

Первая функция: Digital Mirror Twin (Цифровое Зеркало).

Это режим реального времени. Двойник воспроизводит психическое состояние пилота — его когнитивную нагрузку, уровень стресса, усталость, степень ситуационной осведом-

лённости — и использует эту информацию для когнитивной помощи в реальном времени.

Здесь важно понять: двойник не просто «наблюдает» за пилотом. Он становится пилотом в цифровой форме. Он воспроизводит его когнитивную архитектуру настолько точно, что может предсказать, когда пилот «выпадет из цикла». Он чувствует то, что чувствует пилот — через нейроадаптивный мониторинг, трекеры глаз, анализ голоса, психофизиологические сенсоры. И он адаптирует уровень автономии роя в зависимости от этого состояния.

Digital Mirror Twin — это не просто инструмент. Это когнитивный фильтр, который не даёт пилоту утонуть в данных. Он фильтрует информацию, учитывая текущее психоэмоциональное состояние пилота и его индивидуальные интроспекты. Он становится предиктивным анализатором, который заранее предлагает помощь или берёт управление на себя.

Вторая функция: Virtual Configurable Pilot (Виртуальный Настраиваемый Пилот).

Это режим симуляции. Двойник используется для экспериментального моделирования и оценки интерфейсов, процедур и сценариев. Мы можем «прогнать» через него тысячи вариантов миссий, не поднимая в воздух ни одного реального самолёта.

Но Virtual Configurable Pilot — это не просто симулятор. Это песочница для экспериментов с сознанием. Мы можем

менять параметры личности пилота — его склонность к риску, порог стресса, чувствительность к угрозе авторитета — и наблюдать, как меняется поведение системы. Мы можем тестировать новые интерфейсы, не подвергая пилота опасности. Мы можем обучать двойника на сценариях, которые в реальной жизни слишком редки или слишком опасны.

И самое главное: эти две функции — не изолированные режимы. Они работают в едином контуре. То, что мы узнаём в режиме Virtual Configurable Pilot, мы применяем в режиме Digital Mirror Twin. И наоборот — опыт реальных миссий обогащает симуляционную модель.

АСТ-R как вычислительное ядро моделирования познания

В центре VC-PILOT лежит АСТ-R (Adaptive Control of Thought — Rational) — когнитивная архитектура, разработанная Джоном Андерсоном и его коллегами. Для меня, как инженера, АСТ-R стала тем самым «языком», на котором можно говорить о сознании в терминах, пригодных для программирования.

Что такое АСТ-R? Это гибридная когнитивная архитектура, которая представляет знание двумя способами: символически — как правила и факты, и субсимволически — через нейронно-обоснованный процесс активации, который определяет, какие факты и правила задействуются в каких ситу-

ациях. АСТ-R моделирует такие когнитивные процессы, как восприятие, память, внимание, обучение и принятие решений.

Для нас это означает следующее.

Символический уровень. Это «сознательная» часть мышления. Знания хранятся в виде чанков — символических структур, похожих на факты. Поведение управляется продуктами — правилами вида «если условие, то действие». Этот уровень объясним и прослеживаем. Мы можем посмотреть на любое решение двойника и увидеть, какое правило его породило.

Субсимволический уровень. Это «бессознательная» часть. Каждый чанк и каждая продукция имеют числовые параметры — активацию, утилиту, шум. Эти параметры определяют, насколько быстро информация извлекается из памяти, насколько вероятно, что данное правило будет применено. Этот уровень обучаем и адаптивен. Двойник может менять свои параметры на основе опыта, не меняя самих правил.

Исследования показывают, что АСТ-R можно расширять для учёта индивидуальных различий, физиологических и эмоциональных состояний, стабильных личностных черт и постепенных поведенческих изменений. Именно это мы и делаем в VC-PILOT.

В нашей архитектуре АСТ-R становится вычислительным ядром, которое:

- моделирует когнитивные процессы пилота — как он воспринимает информацию, как принимает решения, как учится на ошибках;
- параметризует личность через символические правила и субсимволические веса;
- адаптируется в реальном времени к изменению когнитивного состояния пилота.

Но АСТ-R сам по себе — лишь двигатель. Чтобы он мог «думать как пилот», ему нужны знания о миссии. И здесь мы переходим к следующему слою архитектуры.

OWL/JSON-LD онтологии: формализация знаний о миссии

АСТ-R — это механизм обработки знаний. Но какие именно знания он обрабатывает? Как мы объясняем двойнику, что такое «взлёт», «посадка», «зона поражения», «правила ведения боя»?

Ответ — онтологии.

VC-PILOT объединяет АСТ-R с OWL/JSON-LD онтологиями. OWL (Web Ontology Language) — это язык для формального описания понятий, их свойств и взаимосвязей. JSON-LD — это способ представления таких онтологий в машиночитаемом формате.

Что это даёт нам архитектурно?

Формализация процедурных знаний.

Онтология задаёт не просто «список действий», а смысловую структуру миссии. Она определяет, что такое «зона» (географический регион с определёнными координатами и ограничениями), что значит «зачистить» (последовательность действий с условиями завершения), каковы ограничения (правила ведения боя, минимизация сопутствующего ущерба).

Исследования показывают, что интеграция онтологической референтной модели в АСТ-R позволяет точно воспроизводить процедуры пилотирования и управлять отклонениями. Мы используем два типа онтологий: онтологию задач (что нужно сделать) и онтологию домена (знания о среде выполнения).

Динамическое расширение без перепрограммирования.

Онтологический подход позволяет гибко добавлять новые процедуры без изменения кода. Нужно добавить новый тип миссии? Мы просто расширяем онтологию. Нужно адаптировать двойника под другой тип самолёта? Меняем онтологию — и всё.

Объяснимость и прослеживаемость.

Каждое решение двойника может быть прослежено до конкретных элементов онтологии. Мы можем ответить на вопрос: «Почему двойник принял именно это решение?» — и показать цепочку: от онтологического определения «зоны» до конкретного правила в АСТ-R, которое было применено.

В нашей архитектуре онтология выполняет роль когни-

тивной карты миссии — формального описания того, что значит «быть пилотом» в данной конкретной миссии. Это не просто данные — это смысл.

Динамическая генерация когнитивных «продукций»

Здесь мы подходим к самой интересной части архитектуры.

Традиционный подход к построению когнитивных моделей в АСТ-R — это ручное написание продукций. Программист пишет правила, определяет их параметры, тестирует, отлаживает. Это работает для статических задач, но в MUM-T, где каждая миссия уникальна, а условия меняются каждую секунду, такой подход неприемлем.

VC-PILOT решает эту проблему через динамическую генерацию когнитивных продукций из формальных спецификаций задач. Онтология миссии служит источником знаний, из которого система «собирает» продукции на лету.

Как это работает?

Шаг 1: Формальное описание задачи. Миссия описывается в терминах онтологии. «Зачистить зону» — это не просто фраза, а структурированное описание: цель (подавление огневых точек), ограничения (минимизация сопутствующего ущерба), ресурсы (доступные дроны), условия завершения (отсутствие активных целей в зоне).

Шаг 2: Генерация продуктов. Система преобразует онтологическое описание в набор продуктов АСТ-R. Каждая продукция — это правило вида «если условие, то действие». Например: «ЕСЛИ в зоне обнаружена цель И цель классифицирована как угроза И доступны ресурсы для поражения, ТО инициировать атаку».

Шаг 3: Параметризация. Сгенерированные продукты получают начальные параметры — утилиты, вес, порог активации. Эти параметры зависят от онтологии миссии, от типа личности пилота, от текущего контекста.

Шаг 4: Адаптация. По мере выполнения миссии параметры продуктов обновляются через механизмы обучения АСТ-R. Успешные стратегии укрепляются, неудачные — ослабляются.

Что это даёт?

Гибкость. Двойник может адаптироваться к любой миссии, для которой существует онтологическое описание. Не нужно перепрограммировать систему под каждую новую задачу.

Масштабируемость. Онтологии могут быть вложенными и комбинируемыми. Сложная миссия собирается из простых блоков, как конструктор.

Прозрачность. Поскольку продукты генерируются из онтологии, мы всегда можем проследить, откуда взялось то или иное правило.

Исследования подтверждают: онтологический подход

поддерживает цепочки задач с множеством точек ветвления. Это критически важно для MUM-T, где каждая миссия — это дерево решений, а не линейная последовательность действий.

От процедурного поведения к модели личности

Теперь — самое важное.

Классический цифровой двойник — это модель процедурного поведения. Он отвечает на вопрос: «Как пилот выполняет задачи?». Он воспроизводит последовательности действий, но не понимает, почему пилот выбирает именно эту последовательность.

VC-PILOT идёт дальше. Он моделирует личность.

Что это значит архитектурно?

Символический уровень: интроекты как продукции.

В КПКС «интроект» — это усвоенная программа поведения (родительская, социальная), которая определяет реакцию на стимулы. В VC-PILOT интроекты формализуются как символические правила в АСТ-R с определёнными весами.

Например, интроект «в критической ситуации нужно действовать быстро, даже рискуя» — это не просто черта характера. Это продукция с высокой утилитарностью, которая влияет на то, как пилот распределяет внимание (SEEV-модель Уиккенса).

Классификация личности по КПКС — нарциссическая, пограничная, гистрионная, антисоциальная — становится здесь набором параметров. Для открытого нарцисса продукции, связанные с доминированием и риском, имеют высокую утилитарность. Для скрытого нарцисса те же продукции имеют более низкую, а продукции, связанные с избеганием и поиском подтверждения, — более высокие.

Субсимволический уровень: аффекты как параметры.

В КПКС «когнитивная травма привязанности» и «временные петли» моделируются через субсимволический уровень АСТ-R.

Параметр G (goal activation) определяет, насколько сильно текущая цель доминирует над альтернативами. Для нарциссической личности в состоянии угрозы авторитету этот параметр может резко возрасти, снижая когнитивную гибкость.

Параметр W (working memory capacity) определяет, сколько информации может удерживаться в рабочей памяти. Для пилота в состоянии тревоги этот параметр может снижаться, имитируя когнитивное сужение.

Параметр :egs (utility noise) определяет степень случайности в выборе между продуктами. Для открытого нарцисса в состоянии грандиозности этот параметр снижается (повышенная уверенность), а в состоянии нарциссической травмы — резко возрастает (хаотичные действия).

Динамический сдвиг: от устойчивого состояния к регрес-

су.

Ключевая инновация — модель динамического сдвига, где параметры АСТ-R не статичны, а непрерывно обновляются на основе когнитивной нагрузки, эмоционального состояния и контекста миссии.

Когда пилот перегружен, система переключается из режима «устойчивая личность» в режим «регресс». В этом режиме:

- параметр G снижается (потеря фокуса);
- параметр W снижается (сужение рабочей памяти);
- параметр :egs возрастает (хаотичность решений);
- продукции травматического избегания получают временное усиление.

Этот динамический сдвиг — и есть тот самый момент, когда пилот «выпадает из цикла». Двойник, обнаружив этот сдвиг, автоматически повышает уровень автономии дронов, давая пилоту время на восстановление.

Итог: от процедурного поведения к модели личности

VC-PILOT — это не просто «ещё один ИИ-помощник». Это архитектура, которая:

- понимает пилота — не только его действия, но и его когнитивную архитектуру;
- предсказывает его состояние — когда он устанет, когда

начнёт ошибаться, когда «выпадет из цикла»;

- адаптируется к его личности — к его интроектам, временным петлям, трансгенерационным паттернам;

- обучается на его опыте — фиксируя не только тактические успехи, но и эмоциональные резонансы, которые становятся триумфальными событиями.

И самое главное — VC-PILOT делает это объяснимо и прослеживаемо. В отличие от «чёрного ящика» глубоких нейросетей, каждая продукция, каждый параметр, каждое решение может быть прослежено до формальной онтологии или когнитивного правила.

Мы не просто программируем двойника. Мы создаём вычислительную психику — систему, которая позволяет машине понимать человека на уровне, где стратегическая осторожность отличается от травматического избегания, а здоровая уверенность — от нарциссической грандиозности.

«VC-PILOT выполняет две взаимодополняющие функции: (1) Digital Mirror Twin, воспроизводящий психическое состояние пилота для когнитивной помощи в реальном времени, и (2) Virtual Configurable Pilot для экспериментального моделирования и оценки интерфейса кабины».

Глава 5. Формализация личности в когнитивных параметрах

Символический уровень: продукции и декларативные знания

Когда мы говорим о формализации личности в вычислительной архитектуре, мы сталкиваемся с фундаментальным вопросом: как превратить психологическую категорию — «тип личности», «интроект», «когнитивный стиль» — в нечто, что можно запрограммировать?

Ответ, который даёт АСТ-R, элегантен и инженерно реализуем. АСТ-R — это гибридная когнитивная архитектура, в которой знание представлено на двух уровнях: символическом и субсимволическом. Символический уровень — это «сознательная» часть мышления: правила, факты, декларативные знания. Субсимволический уровень — это «бессознательная» часть: числовые параметры, которые определяют, как быстро и с какой вероятностью эти правила и факты активируются.

В контексте VC-PILOT символический уровень — это то место, где мы формализуем интроекты пилота.

В КПКС «интроект» определяется как усвоенная про-

грамма поведения — родительская, социальная, культурная — которая определяет реакцию на стимулы. В терминах АСТ-R интроект становится продукцией — правилом вида «если условие, то действие» — с определёнными весами и приоритетами.

Возьмём конкретный пример. Интроект «в критической ситуации нужно действовать быстро, даже рискуя» — это не просто черта характера. В АСТ-R это продукция, которая при определённых условиях (высокий уровень угрозы, ограниченное время на принятие решения) выбирает действие, связанное с более высоким риском, но и с более высокой потенциальной наградой. Эта продукция имеет определённый вес (*utility*), который определяет, насколько вероятно, что именно она будет выбрана среди других конкурирующих продукций.

Декларативные знания — это факты, которые пилот «знает»: процедуры, технические характеристики, тактические схемы. В АСТ-R они хранятся в виде чанков — символических структур, похожих на факты. Каждый чанк имеет набор атрибутов и значений. Например: «цель_тип: ПВО», «цель_координаты: X,Y», «доступные_ресурсы: 3 дрона».

Символический уровень даёт нам объяснимость. Мы можем проследить любое решение двойника до конкретной продукции и конкретного факта. Мы можем ответить на вопрос: «Почему двойник принял именно это решение?» — и показать цепочку: от интроекта (продукции) до онтологиче-

ского факта.

Но символический уровень сам по себе недостаточен. Личность — это не просто набор правил. Это динамическая система, где правила конкурируют друг с другом, их вес меняется в зависимости от контекста, и решения принимаются в условиях неопределённости. Именно здесь в игру вступает субсимволический уровень.

Субсимволический уровень: параметры G, W и :egs

Если символический уровень — это «что» знает пилот, то субсимволический уровень — это «как» он использует эти знания. Три параметра имеют решающее значение для моделирования личности в VC-PILOT.

Параметр G (goal activation).

G — это глобальный параметр, который определяет, насколько сильно текущая цель доминирует над альтернативами. В терминах АСТ-R утилитарные продукции вычисляется как произведение вероятности успеха (P) и ценности цели (G), минус ожидаемая стоимость выполнения (C), плюс шум.

Что это означает для личности? Параметр G отражает когнитивную жёсткость или гибкость пилота. При высоком G пилот гиперфокусируется на текущей цели, игнорируя альтернативы. Это может быть полезно в ситуациях, требующих

решительности, но опасно в ситуациях, где необходима когнитивная гибкость.

Исследования показывают, что G — это параметр индивидуальных различий. В нашей архитектуре для нарциссической личности в состоянии угрозы авторитету G может резко возрастать, создавая гиперфиксацию на цели «восстановить контроль» и снижая когнитивную гибкость.

Параметр W (working memory capacity).

W определяет, сколько информации может удерживаться в рабочей памяти и сколько внимания может быть распределено между различными источниками. В отличие от G , который влияет на продукционный цикл, W влияет на извлечение из памяти.

W — это классический параметр индивидуальных различий, связанный с когнитивными способностями. Исследователи моделировали индивидуальные различия в ёмкости рабочей памяти, варьируя W . В нашей архитектуре для пилота в состоянии тревоги (характерной для пограничной и скрыто-нарциссической организаций) W может снижаться, имитируя когнитивное сужение — «туннельное зрение», когда пилот фиксируется на одном параметре и игнорирует остальные.

Параметр ϵ (utility noise).

ϵ — это параметр шума, который добавляется к утилите каждой продукции. Он определяет степень случайности в выборе между конкурирующими продуктами. Чем вы-

ше :egs, тем более непредсказуемым становится поведение.

:egs — это ключевой параметр для моделирования эмоциональной регуляции. Исследования показывают, что напряжение процедуральных знаний увеличивается со стрессом — от 0.1 в состоянии «вызова» до 1.0 в состоянии «угрозы». В нашей архитектуре для открытого нарцисса в состоянии грандиозности :egs снижается (повышенная уверенность в своих решениях), а в состоянии нарциссической травмы — резко возрастает (хаотичные, непредсказуемые действия).

Эти три параметра — G, W и :egs — образуют субсимволический каркас личности. Они определяют, как пилот распределяет внимание, как обрабатывает информацию и как принимает решения в условиях неопределённости. Но сами по себе они статичны. Личность — это динамика. И здесь мы переходим к различению типов личности через их динамические паттерны.

Скрытый vs открытый нарциссизм: разные стратегии регуляции

КПКС выделяет четыре основных типа организации личности, каждый из которых имеет скрытую и открытую форму. Для инженера, строящего когнитивного двойника, различие между скрытым и открытым нарциссизмом — это не психологическая тонкость, а архитектурный параметр.

Открытый нарцисс.

Открытый нарцисс демонстрирует грандиозность, требует подтверждения своего превосходства, склонен к риску и доминированию. В терминах АСТ-R это означает:

- Продукции, связанные с доминированием и риском, имеют высокую начальную пользу.
- В состоянии угрозы авторитету (например, когда двойник оспаривает его решение) эти утилиты ещё больше возрастают за счёт механизма обучения с подкреплением.
- Параметр :egs снижается, делая выбор этих продуктов почти детерминированным.

Открытый нарцисс в состоянии грандиозности — это система с высокой G (гиперфокус на цели), нормальным или повышенным W (уверенность в своих когнитивных способностях) и низким :egs (высокая предсказуемость поведения). Но эта стабильность — иллюзия. При нарциссической травме (например, когда реальность не подтверждает его грандиозность) :egs резко возрастает, и поведение становится хаотичным.

Скрытый нарцисс.

Скрытый нарцисс — это компенсаторная стратегия. Внешне он может выглядеть скромным, даже застенчивым, но внутри него живёт перфекционист, который требует от себя и других совершенства. В терминах АСТ-R:

- Продукции, связанные с доминированием и риском, имеют более низкую полезность.
- Продукции, связанные с избеганием и поиском подтвер-

ждения, имеют более высокую пользу.

- В состоянии угрозы :egs резко возрастает, делая поведение хаотичным и непредсказуемым.

Скрытый нарцисс в состоянии равновесия — это система с умеренной G, нормальным W и средним :egs. Но при угрозе авторитету G может снижаться (потеря фокуса на цели), W может снижаться (когнитивное сужение), а :egs — резко возрастать (хаотичные решения).

Почему это важно для когнитивного двойника?

Потому что один и тот же стимул — например, критика со стороны командования — вызовет у открытого и скрытого нарцисса принципиально разные реакции. Открытый нарцисс ответит агрессивной эскалацией. Скрытый нарцисс — пассивным избеганием или регрессом.

Двойник, который не знает тип личности пилота, не сможет предсказать эти реакции. Он будет интерпретировать агрессивную эскалацию как «решительность», а пассивное избегание как «осторожность». И будет ошибаться. Именно поэтому формализация личности — не опция, а архитектурный императив.

Стратегическая осторожность vs травматическое избегание

Это, пожалуй, самый сложный аспект формализации личности. Как отличить «я выбираю более безопасный маршрут,

потому что тактически это оптимально» от «я выбираю более безопасный маршрут, потому что боюсь повторить травматический опыт прошлого»?

На поверхности оба решения выглядят одинаково. Но их когнитивная архитектура принципиально различна.

Стратегическая осторожность.

Это продукция с высокой полезностью, которая была подкреплена успешными исходами в схожих тактических ситуациях. Она стабильна и предсказуема. Её вес не зависит от эмоционального состояния пилота — она выбирается потому, что это правильное решение.

В терминах АСТ-R стратегическая осторожность — это продукция с:

- Высокой ожидаемой вероятностью успеха (Р).
- Низкой ожидаемой стоимостью (С).
- Стабильной пользой, который не меняется резко при изменении контекста.

Травматическое избегание.

Это продукция с высокой утилитарностью, которая была подкреплена избеганием негативного исхода, а не достижением позитивного. Она более «хрупкая» и может резко меняться при изменении контекста. Её вес зависит от эмоционального состояния пилота — она выбирается потому, что пилот боится.

В терминах АСТ-R травматическое избегание — это продукция с:

- Высокой ожидаемой вероятностью успеха (P), но этот успех определён как «избежать потери», а не «достичь выгоды».

- Низкой или неопределённой ожидаемой стоимостью (C).

- Польза, которая резко возрастает в состоянии стресса или тревоги.

Как двойник различает их?

В VC-PILOT мы отслеживаем историю подкрепления каждой продукции. Если продукция «выбрать безопасный маршрут» имеет высокую полезность, но эта утилита была получена исключительно через отрицательное подкрепление (то есть пилот ни разу не получил позитивного исхода от этого выбора, только избежал негативного), мы маркируем её как потенциально травматическую.

Когда пилот находится в состоянии стресса, ACT-R автоматически снижает порог выбора продукции (utility threshold). Это означает, что даже продукции с низкой пользой могут быть выбраны. Если в этом состоянии доминируют продукции травматического избегания, мы фиксируем регресс и активируем протокол когнитивной памятки.

Это различие критически важно для MUM-T. Пилот, действующий из стратегической осторожности, принимает обоснованные решения. Пилот, действующий из травматического избегания, принимает решения, основанные на страхе. Двойник должен уметь отличать одно от другого — и адаптировать свою помощь соответственно.

Модель динамического сдвига: от устойчивого состояния к регрессу

Ключевая инновация VC-PILOT — это модель динамического сдвига, где параметры АСТ-R не статичны, а непрерывно обновляются на основе когнитивной нагрузки, эмоционального состояния и контекста миссии.

В состоянии равновесия пилот демонстрирует свой «базовый» тип личности. Параметры G, W и :egs находятся в диапазонах, характерных для его организации личности. Продукции конкурируют друг с другом на основе своих утилит, и решения принимаются рационально (в рамках ограниченной личности).

Но когда пилот перегружен — когнитивно, эмоционально или физически — система переключается в режим регресса.

Триггеры регресса.

Регресс может быть вызван:

- Когнитивной перегрузкой (слишком много информации, слишком мало времени).
- Эмоциональным стрессом (угроза жизни, критика, неопределённость).
- Физической усталостью (длительная миссия, недостаток сна).

Исследования подтверждают: шум процедуральных знаний увеличивается со стрессом. В состоянии угрозы :egs мо-

жет возрастать с 0.1 до 1.0, делая поведение практически случайным.

Паттерны регресса.

В состоянии регресса поведение пилота скатывается к детским паттернам «бей или беги»: агрессия или беспомощность.

В режиме «агрессия»:

- G резко возрастает (гиперфокус на цели «уничтожить угрозу»).
- W снижается (игнорирование побочной информации).
- :egs снижается (решения становятся детерминированными и рискованными).

В режиме «беспомощность»:

- G снижается (потеря фокуса на цели).
- W снижается (когнитивное сужение).
- :egs резко возрастает (решения становятся хаотичными и непредсказуемыми).

Обнаружение регресса.

Двойник обнаруживает регресс через нейроадаптивный мониторинг — трекеры глаз, анализ голоса, психофизиологические сенсоры. Но ключевой момент: двойник не ждёт, пока регресс станет очевидным. Он предсказывает его, отслеживая траектории параметров G, W и :egs.

Если система видит, что G начинает расти, W — снижаться, а :egs — колебаться, она активирует протокол когнитивной памяти. Она не ждёт, пока пилот «выпадет из цикла».

Она вмешивается до того, как это произойдёт.

Автоматическое вмешательство.

Когда регресс обнаружен, двойник автоматически:

- Повышает уровень автономии дронов, освобождая когнитивные ресурсы пилота.
- Предлагает когнитивные практики — дыхательные упражнения, визуализацию, концептуализацию — для восстановления равновесия.
- Адаптирует интерфейс: снижает информационный шум, упрощает представление данных, выделяет критическую информацию.

Исследования показывают, что такой подход может снижать время реакции. Это не просто «ускорение» — это переход от реактивного управления к проактивному, где пилот не догоняет события, а опережает их.

Итог: от статической модели к динамической личности

Формализация личности в АСТ-R — это не просто «подбор параметров». Это создание живой модели, которая:

1. Идентифицирует организацию личности пилота через анализ его поведения в различных сценариях (калибровочная фаза).
2. Отслеживает динамику ключевых параметров (G, W, :egs, польза продуктов) в реальном времени.

3. Детектирует переход в состояние регресса на основе изменения этих параметров и контекстуальных триггеров.

4. Адаптирует уровень автономии и характер вмешательства в зависимости от текущего состояния пилота.

Мы не просто программируем двойника. Мы создаём вычислительную психику, которая позволяет машине понимать человека на уровне, где стратегическая осторожность отличается от травматического избегания, а здоровая уверенность — от нарциссической грандиозности.

И это понимание становится основой для настоящего когнитивного партнёрства.

«В состоянии равновесия пилот демонстрирует свой базовый тип личности. Но когда пилот перегружен — когнитивно, эмоционально или физически — система переключается в режим регресса»

Глава 6. Нейроадаптивный мониторинг: как двойник «чувствует» пилота

Мультимодальные физиологические сигналы: глаза, голос, сердце, мозг

Когнитивный двойник не может спросить пилота: «Ты устал? Ты в стрессе? Ты готов выпасть из цикла?» Во-первых, пилот не всегда знает ответ. Во-вторых, даже если знает, у него нет времени на рефлексия — каждая секунда в кабине истребителя может стоить жизни. В-третьих, самооценка когнитивного состояния — ненадёжный инструмент: исследования показывают, что субъективные шкалы часто не обеспечивают немедленной информации о когнитивном состоянии оператора в сложных средах.

Поэтому двойник должен чувствовать пилота. Не метафорически — физиологически.

Современные исследования когнитивной нагрузки в авиации используют мультимодальный подход, объединяющий различные физиологические измерения: нейрофизиологические (электроэнцефалография, функциональная ближне-

инфракрасная спектроскопия), центральные и периферические показатели, а также окулометрию. Именно такая интеграция позволяет получить комплексную картину состояния пилота, где каждый канал компенсирует ограничения других.

В архитектуре VC-PILOT мы собираем данные по пяти основным каналам.

Визуальный канал. Глаза — самое информативное окно в когнитивное состояние пилота. Окуломоторные параметры (диаметр зрачка, частота и длительность фиксаций, саккады, моргания) являются надёжными маркерами когнитивной нагрузки. Исследования показывают, что непроизвольные физиологические изменения в паттернах взгляда — частота моргания, частота фиксаций, скорость саккад — указывают на повышенную умственную нагрузку.

Нейрофизиологический канал. Электроэнцефалография (ЭЭГ) предоставляет прямую информацию о мозговой активности. Различные частотные диапазоны — тета, альфа, бета — по-разному реагируют на изменения когнитивной нагрузки, усталости и стресса. В последнее время всё большее распространение получает функциональная ближнеинфракрасная спектроскопия (fNIRS), позволяющая измерять оксигенацию коры головного мозга в реальном времени.

Кардиоваскулярный канал. Сердце — это зеркало вегетативной нервной системы. Частота сердечных сокращений и вариабельность сердечного ритма (HRV) отражают баланс

между симпатической и парасимпатической активацией, который меняется при стрессе и когнитивной нагрузке. Исследования подтверждают: нейрофизиологические показатели (ЭЭГ, fNIRS) и показатели HRV способны дифференцировать уровни умственной нагрузки.

Вокальный канал. Голос пилота — это не только средство коммуникации, но и источник диагностической информации. Изменения тембра, темпа речи, паузации, частотных характеристик голоса коррелируют с уровнем стресса и усталости. В состоянии когнитивной перегрузки речь становится более смазанной, паузы удлиняются, частотный диапазон сужается.

Электродермальный канал. Кожная проводимость (EDA) отражает симпатическую активацию и является чувствительным маркером эмоционального возбуждения. В стрессовых ситуациях проводимость кожи возрастает, что может быть зафиксировано неинвазивными сенсорами.

Ключевой принцип нашей архитектуры — мультимодальность. Ни один из этих каналов в отдельности не даёт надёжной оценки состояния пилота. Только их совместный анализ позволяет отличить, например, высокую когнитивную нагрузку от эмоционального стресса, а усталость — от скуки.

Окуломоторные маркеры когнитивной нагрузки

Глаза — это не просто «зеркало души». Для инженера,

строющего когнитивного двойника, глаза — это сенсорный интерфейс, через который можно считывать состояние пилота с высокой точностью и минимальной инвазивностью.

Современные исследования выделяют несколько ключевых окуломоторных параметров, коррелирующих с когнитивной нагрузкой.

Диаметр зрачка. Низкочастотные вариации диаметра зрачка являются надёжным маркером когнитивной нагрузки. При увеличении умственной нагрузки зрачок расширяется — это связано с активацией норадренергической системы, которая модулирует внимание и возбуждение. Исследования показывают, что L1 Norm спектральной плотности мощности диаметра зрачка указывает на изменения когнитивной нагрузки.

Частота и длительность фиксаций. В состоянии высокой когнитивной нагрузки пилот фиксирует взгляд на объектах дольше, а частота фиксаций снижается. Это отражает попытку мозга обработать больше информации за один «кадр» внимания. Распределение фиксаций (nearest neighbourhood index) также меняется с нагрузкой.

Частота саккад и морганий. Саккады — быстрые движения глаз между точками фиксации. При высокой нагрузке их частота может снижаться, а амплитуда — меняться. Частота морганий также является чувствительным маркером: при интенсивной умственной работе моргания становятся реже, а их длительность — короче.

Тепловые карты внимания. Качественный анализ распределения взгляда позволяет понять, на каких элементах интерфейса пилот концентрируется, а какие игнорирует. Тепловые карты фиксаций — интуитивный и релевантный инструмент для качественного анализа.

В архитектуре VC-PILOT окуломоторные данные собираются через неинвазивные трекеры глаз, встроенные в шлем пилота или приборную панель. Эти данные обрабатываются в реальном времени, позволяя двойнику оценивать не только уровень нагрузки, но и качество внимания пилота — насколько он сфокусирован на релевантных элементах обстановки.

Исследования подтверждают эффективность этого подхода: окулярные параметры, такие как частота фиксаций, значительно различаются в разных условиях полёта. Более того, комбинация окуломоторных данных с другими физиологическими сигналами позволяет создавать надёжные модели оценки когнитивного состояния.

ЭЭГ-паттерны: тета, альфа, бета-диапазоны

Электроэнцефалография — это прямой доступ к электрической активности мозга. Для когнитивного двойника ЭЭГ — это не просто «ещё один датчик». Это язык, на котором мозг говорит о своём состоянии.

Современные исследования выделяют несколько частот-

ных диапазонов, каждый из которых связан с определёнными когнитивными процессами.

Тета-диапазон (3–7 Гц). Тета-активность традиционно связывают с процессами памяти, внимания и когнитивного контроля. При нарастающей умственной нагрузке тета-мощность в фронтальных областях увеличивается. Исследования показывают: умственная усталость связана с более высокой мощностью тета- и альфа-диапазонов. Тета/бета-отношение (TBR) является чувствительным маркером когнитивных изменений в условиях перегрузки.

Альфа-диапазон (8–12 Гц). Альфа-активность — классический маркер состояния покоя и расслабления. При когнитивной нагрузке альфа-мощность обычно снижается (альфа-блокировка). Однако интерпретация альфа-активности требует осторожности: в монотонных ситуациях альфа-мощность может отражать скуку или отвлечение внимания, а не усталость. Исследования показывают, что даже в «лёгких» полётах альфа-блокировка указывает на то, что управление самолётом само по себе является высоконагруженной умственной задачей.

Бета-диапазон (13–29 Гц). Бета-активность связана с активным когнитивным контролем, вниманием и обработкой информации. При умственной перегрузке бета-мощность в фронтальных областях увеличивается. Бета-волны и TBR-параметр хорошо отражают изменения когнитивного состояния пилота в условиях перегрузки.

Гамма-диапазон (выше 30 Гц). Гамма-активность связана с интеграцией информации и сложными когнитивными процессами. В условиях многозадачности гамма-мощность может увеличиваться.

В архитектуре VC-PILOT мы не ограничиваемся анализом отдельных диапазонов. Мы используем пространственно-частотно-временные паттерны ЭЭГ, которые позволяют различать не только уровень нагрузки, но и её тип: когнитивная нагрузка, эмоциональный стресс, усталость, скука.

Современные подходы к классификации когнитивных состояний пилота используют глубокое обучение для извлечения пространственно-частотно-временных признаков из ЭЭГ-сигналов. Мультимодальные сети, интегрирующие ЭЭГ с другими физиологическими сигналами, достигают высокой точности в распознавании состояний пилота.

Но ЭЭГ имеет свои ограничения. Она чувствительна к артефактам движения, требует калибровки и может быть неудобна в реальных полётных условиях. Именно поэтому мы не полагаемся на ЭЭГ как на единственный источник — мы используем её в комбинации с другими каналами.

Вариабельность сердечного ритма (HRV) как индикатор стресса

Если ЭЭГ — это язык мозга, то вариабельность сердечного ритма (HRV) — это язык вегетативной нервной системы.

И этот язык говорит о состоянии пилота не менее красноречиво.

HRV — это изменение временных интервалов между последовательными сердечными сокращениями. Высокая вариабельность указывает на доминирование парасимпатической (расслабляющей) системы. Низкая вариабельность — на доминирование симпатической (активирующей, стрессовой) системы.

Исследования показывают, что HRV является надёжным маркером когнитивной нагрузки и стресса в авиации. В состоянии высокой когнитивной нагрузки:

- Частота сердечных сокращений увеличивается.
- Показатели HRV (SDNN, RMSSD, pNN20) снижаются.
- Вариабельность может увеличиваться с течением времени, отражая эффект «время-на-задаче».

В исследовании, посвящённом анализу когнитивной нагрузки пилотов при манёврах разворота, было показано, что средние значения таких характеристик HRV, как pNN20, range_NNI, SDNN, SD1 и triangular_index, снижаются при увеличении нагрузки. Это отражает снижение парасимпатической активности и переход в состояние мобилизации.

В архитектуре VC-PILOT мы используем HRV не как изолированный показатель, а как интегральный индикатор вегетативного баланса. Сочетание HRV с другими физиологическими сигналами позволяет различать:

- Когнитивную нагрузку (снижение HRV, увеличение

ЧСС, альфа-блокировка в ЭЭГ).

- Эмоциональный стресс (снижение HRV, увеличение ЧСС, изменение голосовых характеристик).

- Усталость (изменение паттернов HRV, увеличение тета- и альфа-мощности в ЭЭГ, изменение окуломоторных параметров).

Исследования подтверждают: комбинация ЭЭГ, ЭКГ и окуломоторных данных позволяет создавать модели оценки состояния пилота с высокой точностью. Современные подходы к мультимодальному анализу используют методы машинного обучения для интеграции этих сигналов в единую оценку когнитивного состояния.

Многоуровневая модель оценки состояния: от сырых данных к когнитивному состоянию

Сырые физиологические данные — это просто числа. Частота пульса, амплитуда зрачка, мощность тета-ритма. Чтобы превратить эти числа в понимание состояния пилота, необходима многоуровневая архитектура обработки.

В VC-PILOT мы строим такую архитектуру как иерархию абстракций — от сигналов к состояниям, от состояний к действиям.

Уровень 1: Сенсорный — сбор и очистка данных.

Это самый нижний уровень. Неинвазивные сенсоры собирают мультимодальные физиологические данные в реальном

времени: трекары глаз (диаметр зрачка, частота фиксаций, моргания), ЭЭГ (спектральная мощность в тета-, альфа-, бета-диапазонах), ЭКГ (частота сердечных сокращений, HRV-метрики), микрофон (вокальные характеристики), датчики EDA (кожная проводимость). Данные синхронизируются по времени и очищаются от артефактов.

Исследования показывают, что интеграция физиологических данных из нескольких модальностей в единую платформу сбора позволяет создавать более точные модели по сравнению с подходами, использующими только один тип сигналов.

Уровень 2: Вычислительный — извлечение паттернов.

На этом уровне мы используем методы машинного обучения для выявления паттернов, характерных для различных когнитивных состояний. Современные подходы включают:

- Свёрточные нейронные сети для извлечения пространственно-временных признаков из физиологических сигналов.

- Графовые модели для учёта взаимосвязей между различными модальностями.

- Двухпоточные глубокие сети с механизмами кросс-модального внимания для эффективной интеграции мультимодальных данных.

Исследования показывают, что регрессионные нейронные сети достигают наилучшей предсказательной точности при прогнозировании производительности пилота во время

стрессовых событий.

Уровень 3: Когнитивный — интерпретация в терминах КПКС.

Здесь мы выходим за рамки простой классификации «нагрузка/нет нагрузки». Мы интерпретируем вычислительные паттерны через онтологию КПКС:

- Агрессия (регресс «бей») — повышение тонуса голоса, учащение пульса, сужение зрачков, снижение HRV, доминирование бета-активности в ЭЭГ.

- Беспомощность (регресс «беги») — замедление речи, расширение зрачков, увеличение вариабельности HRV, повышение тета-активности.

- Тактическая пауза — кратковременное, контролируемое изменение паттернов с последующим возвратом к норме.

- Регресс — устойчивое изменение паттернов, не корректируемое без внешнего вмешательства.

Уровень 4: Адаптивный — динамическая калибровка.

Универсальные пороги срабатывания — это путь к катастрофе. Каждый пилот имеет уникальный физиологический «отпечаток». Поэтому мы внедряем трёхфазную калибровку:

1. Базовая калибровка (предполётная) — сбор физиологических данных пилота в состоянии покоя и в условиях стандартизированных когнитивных задач для создания индивидуального базового профиля.

2. Адаптивная калибровка (в процессе миссии) — дина-

мическая корректировка порогов на основе недавней истории физиологических показателей пилота.

3. Контекстуально-зависимая калибровка — модуляция порогов в зависимости от фазы миссии и уровня угрозы.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.