

Выбор стиля. Оптимизация визуального представления программы.

Грубо говоря, очевидно, что некоторые виды форматирования лучше других.

— Стив Макконелл, *Совершенный код*.

Рискуя вызвать резкое неудовольствие со стороны моих коллег, я применяю принципы, в которые верю с какой-то безрассудной односторонностью. Частично я это делаю в силу того, что в отдельных случаях полезно изложить свою точку зрения с голой простотой и тем самым предоставить дальнейшую шлифовку своей концепции последующим ударам и контрударам критики.

— Рудольф Арнхейм, *Искусство и визуальное восприятие*.

Вступление

Компьютерный язык — это не просто способ заставить компьютер производить вычисления, а новое формальное средство выражения методологических идей. Таким образом, программы должны писаться для того, чтобы их читали люди, и лишь во вторую очередь для выполнения машиной.

— Харольд Абельсон, Джеральд Д. Сассман, *Структура и интерпретация компьютерных программ*.

Соотношение времени чтения и написания кода превышает 10:1. ... Из-за столь высокого соотношения наш код должен легко читаться, даже если это затрудняет его написание.

— Роберт Мартин, *Чистый код: создание, анализ и рефакторинг*.

Наверно, никому не надо доказывать то, что *легкость восприятия* текста программы является одним из решающих факторов, определяющих успешность её сопровождения и развития.

Обычно, когда оценивают текст программы с точки зрения ее *легкости восприятия*, используют термин *удобочитаемость*. Строго говоря, это не совсем одно и то же, поскольку, как будет показано дальше, процесс восприятия программы это больше, чем просто чтение. Тем не менее, поскольку речь идет о тексте, и термин *удобочитаемость* можно считать достаточно устоявшимся, я также буду использовать его в этом смысле.

Для поддержания удобочитаемости кода в процессе разработки программы обычно договариваются о некотором общем своде правил форматирования (стиле) исходного кода. Уже само по себе наличие таких правил, несомненно, оказывает положительное влияние на его качество и удобочитаемость, так как формирует у программистов определенные привычки

относительно тех языковых конструкций, которые они ожидают увидеть в тексте программы.

Тем не менее, сами правила часто вызывают вопросы, поскольку критерии их выбора неясны, и сами правила нередко противоречат аналогичным в других подобных стилях.

Правила задают конкретные детали оформления кода в целях поддержания удобочитаемости, но при этом нет объяснения того, как эти правила помогают ее достичь. Решение инженерной задачи формирования удобочитаемого, то есть оптимального с точки зрения легкости восприятия текста программы, подменяется следованием формальным и часто произвольно выбранным правилам, что не позволяет достичь требуемого результата. Кроме того, формируется представление о том, что правила не так важны, и использование того или иного стиля это всего лишь «дело вкуса».

Личный вкус, наверно, играет определенную роль до некоторой степени. Однако, механизмы восприятия и обработки человеком визуальной информации (и текстов, в частности) обладают определенными возможностями и имеют свои ограничения. Они в конечном счете и определяют то, как много усилий потребуется для корректного и полного восприятия представленной информации. Следовательно, в своей основе *удобочитаемость* текста определяется тем, насколько его визуальное представление учитывает специфические особенности этих общих механизмов восприятия, и поэтому является *объективной характеристикой* качества визуального представления текста. Это означает, что можно говорить об *объективной удобочитаемости* текста, которая не зависит от субъективных предпочтений и привычек отдельного индивидуума, а имеет всеобщий характер для всех людей в нормальном психическом и физическом состоянии.

Программы отличаются от обычных текстов. Программы составлены из ограниченного набора слов и организованы иначе, чем обычные тексты: в них широко используются формально определенные структуры, обозначаемые в тексте с помощью специальных синтаксических конструкций. Кроме того, существует и семантическое отличие. Восприятие обычного текста, в общем случае, состоит из двух параллельных фаз: восприятие самого текста и осмысление того, о чем он повествует. Когда речь идет о тексте программе, осмысление означает осознание синтаксической и семантической структур программы, но также включает и осознание операционной семантики программы, то есть того, как изменяется состояние программы в процессе её выполнения.¹ Процесс чтения программы также отличается от чтения прозы. Кроме непосредственно чтения текста, программисту приходится также сканировать текст с целью восприятия основных элементов верхнего уровня её иерархической структуры, осуществлять поиск отдельных идентификаторов, переходить от одного места в программе к другому, возможно расположенному в другом файле.

Легкость восприятия визуального представления структуры программы оказывается не менее важной, чем легкость восприятия ее текста как такового.

Таким образом, кроме оптимизации непосредственно чтения, необходимо оптимизировать задачу поиска в иерархической логической структуре.

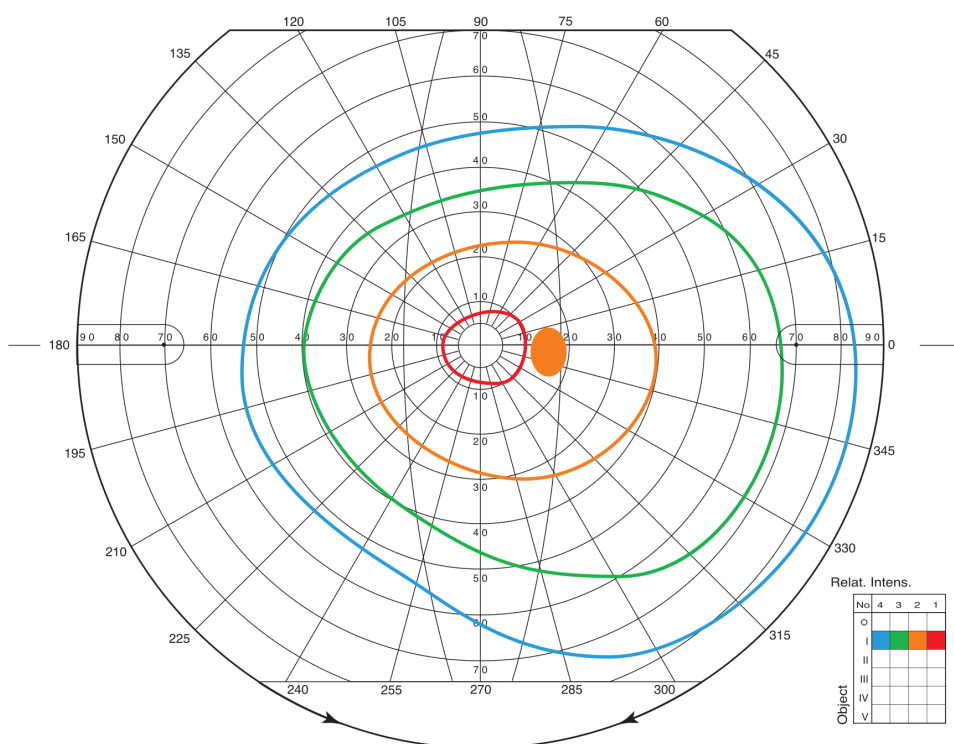
Давайте посмотрим подробнее, на то, что нам известно о механизмах восприятия человеком зрительной информации, чтении текстов вообще и чтении и восприятии текстов программ.

Особенности зрения человека ²

Поле зрения человека достаточно велико: 55° вверх, 60° вниз, 90° наружу (то есть суммарное поле зрения двумя глазами — 180°) и 60° внутрь. Однако внутри этого поля острота зрения и цветовосприятие распределены неравномерно: острота зрения порядка 1' достигается в области *фовеа*, формирующей ~2° центрального (*фовеального*) зрения, но она не так хороша в *парафовеальной* области (которая покрывает 5° в обе стороны от точки фиксации) и еще хуже на периферии.³

Подобным же образом от центра к краю падает и способность различать цвета, причем это изменение различно для разных цветовых компонент. Можно сказать, что, двигаясь от центра человеческой сетчатки к периферии, мы как бы оказываемся на более ранних этапах эволюции, переходя от наиболее высоко организованных структур к примитивному глазу, который различает лишь простое движение теней.

Поле зрения правого глаза человека. Оранжевое пятно — место проекции слепого пятна глазного дна. ([оригинал](#))



В современной нейропсихологии существует представление о двух различных зрительных системах: так называемом *амбьентном* зрении (от фр. *ambiance* = окружение) и о *фокальном* зрении. В то время как первая, эволюционно более древняя, ответственна за динамическую пространственную локализацию, вторая занимается идентификацией объектов.

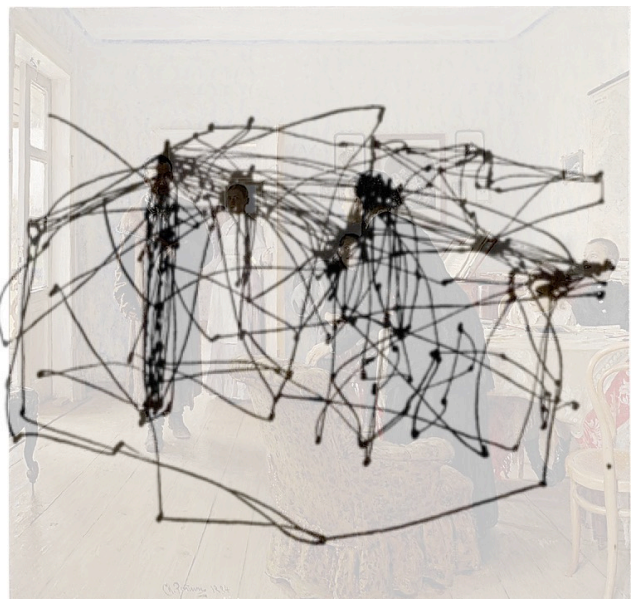
Сравнительные признаки фокальной и амбьентной систем

Зрительная система	Фокальная	Амбьентная
Структуры коры	Вентральный поток	Дорзальный поток
Функция	Что	Где/Как
Включенность в движение	Меньше	Больше
Осознание/Память	Больше	Меньше или отсутствует
Временные свойства	Медленная	Быстрая
Чувствительность к освещению	Высокая	Низкая
Пространственное разрешение	Высокое	Низкое

Объекты, представляющие собой источник нужных сведений, распределены далеко неравномерно. Обычно они локализованы в небольших участках поля зрения. При этом с помощью амбьентного зрения обнаруживается потенциально интересный объект или элемент объекта, а при помощи фокального зрения направленного на объект, эти сведения воспринимаются и анализируются более детально. Сталкиваясь с новой ситуацией или с новым объектом, мы, как правило, сначала смотрим «широким полем» и лишь затем концентрируем наше внимание на деталях.

Обследование окружения и выбор объектов для детальной обработки осуществляется с помощью движений головы и тела, на которые накладывается тонкий узор движений глаз. Наиболее известной их разновидностью являются *саккады* — чрезвычайно быстрые (~500°/сек) скачки баллистического типа, меняющие положение глаз в орбите и позволяющие выделять фрагменты сцены для последующей *фиксации*.

Репродукция картины И. Е. Репина и запись движений глаз испытуемого. 4



Начало исследованиям соотношения амбьентной (глобальной) и фокальной (локальной) зрительной обработки было положено в экспериментах Дэвида Навона в 1977. Он предъявлял испытуемым большие буквы, состоявшие из маленьких букв. Некоторые из этих составных стимулов были «однородными» — глобальная форма и локальные элементы представляли собой одну и ту же букву. Другие были «неоднородными» — глобальная и локальные буквы были разными (скажем, «Е» и «S»). Испытуемые должны были как можно быстрее идентифицировать глобальную или локальную букву.

F F F F	T T T T
F	T
F	T
F F F F	T T T
F	T
F	T
F	T
F	T

Оказалось, что при настройке на глобальную форму она идентифицируется быстро и без всякой интерференции со стороны совпадающих или несовпадающих букв локального уровня. При настройке на идентификацию деталей картина была иной. Во-первых, ответы были более медленными. Во-вторых, в случае неоднородных стимулов ответы дополнительно замедлялись и становились менее точными. Очевидно, настраиваясь на детальную обработку, мы не всегда можем игнорировать глобальную информацию.

В результате исследований отношения глобальной и локальной обработки, тестируемые с помощью супербукв Навона, была обнаружена возможно дифференциальная роль задних отделов левого и правого полушарий. При этом левое полушарие оказалось скорее регулятором настройки на детали, а правое — на глобальные очертания. Чрезвычайно интересным оказалось влияние эмоций: отрицательные эмоции, в отличие от положительных, усиливали установку на восприятие деталей.

Интересной особенностью нашего зрения является способность воспринимать группу объектов как единое целое. Так на изображении ниже мы видим собаку, а не просто набор хаотических пятен:

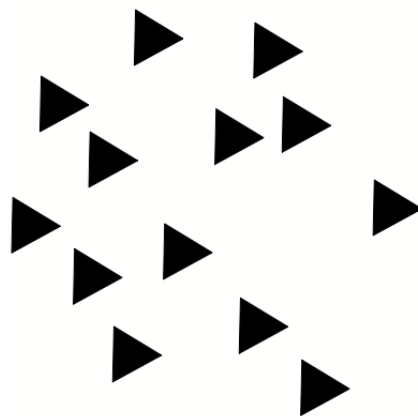


А здесь мы ясно различаем квадрат и круг ⁵ :



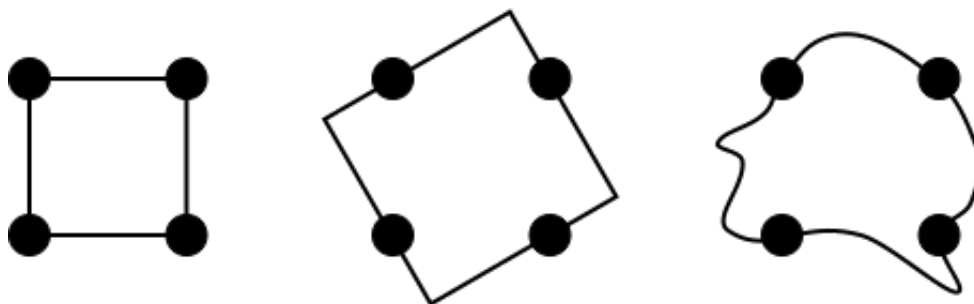
Есть множество объяснений возникновения подобных иллюзий. С точки зрения когнитивной биологии потребность видеть формы, грани и движения (а также лица) была продиктована необходимостью в выживании. Таким образом, даже при отсутствии реальных линий или форм наша сенсорно-когнитивная система использовала частичную информацию, чтобы создать эти формы в попытке сделать понятным внешне хаотический мир.

Посмотрите на рисунок ниже, и вы увидите как с течением времени ориентация треугольников меняется с одного направления на другое, третье ⁶ .



Наш мысленный взгляд постоянно ищет альтернативную перцептивную организацию. При этом попытки увидеть эти треугольники как направленные в разные стороны требуют больших ментальных усилий, возможны только для небольшого их числа и оказываются менее устойчивыми.

Первыми это явление стали изучать гештальтпсихологи. Так, они сформулировали основной закон зрительного восприятия, согласно которому *любая стимулирующая модель воспринимается таким образом, что результирующая структура будет, насколько это позволяют данные условия, наиболее простой*. Поэтому мы воспринимаем квадрат именно так, как он изображен слева, а не каким-то другим образом: ⁵



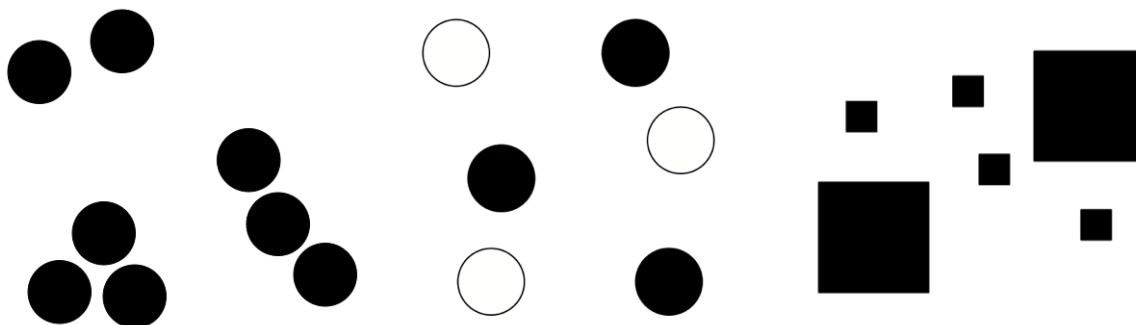
Очевидно, что найденная визуальная структура имеет своей целью быть сопоставленной с определенной логической (смысловой) структурой.

Гештальтпсихологи также сформулировали 6 принципов перцептивной организации. В соответствии с этими принципами *объекты, которые*

- *расположены близко друг к другу («закон близости»),*
- *имеют похожие яркостные и цветовые характеристики («сходства»),*
- *ограничивают небольшую, замкнутую («замкнутости»),*
- *и симметричную область («симметрии»),*
- *естественно продолжают друг друга («хорошего продолжения»),*
- *двигаются примерно с равной скоростью в одном направлении («общей судьбы»),*

скорее будут восприняты как единое целое, или фигура, а не как разрозненные элементы среды, или фон.

На иллюстрациях ниже ⁵ показаны примеры сходства по близости, цвету и размеру.



В случае конкуренции нескольких факторов перцептивной организации преимущество, как правило, отдается фактору *близости*, а затем фактору *сходства по окраске, ориентации или размеру*.

Учет этих принципов оказывается важным в случае перцептивного поиска или восприятия, поскольку, *если информация организована в соответствии с этими принципами, решение поставленной задачи требует меньших усилий за счет того, что перцептивное поле подвергается группировке, и на образовавшиеся группы элементов последовательно выделяется всё меньшая доля общих ресурсов.* Распределение ресурсов внутри каждой группы оказывается примерно равномерным.

Задачи зрительного поиска обычно затрудняются при добавлении irrelevantных объектов — дистракторов. Однако *в случае, когда дистракторы образуют визуально компактные группы, позволяющие игнорировать их как целое, их добавление наоборот может значительно облегчить поиск.*

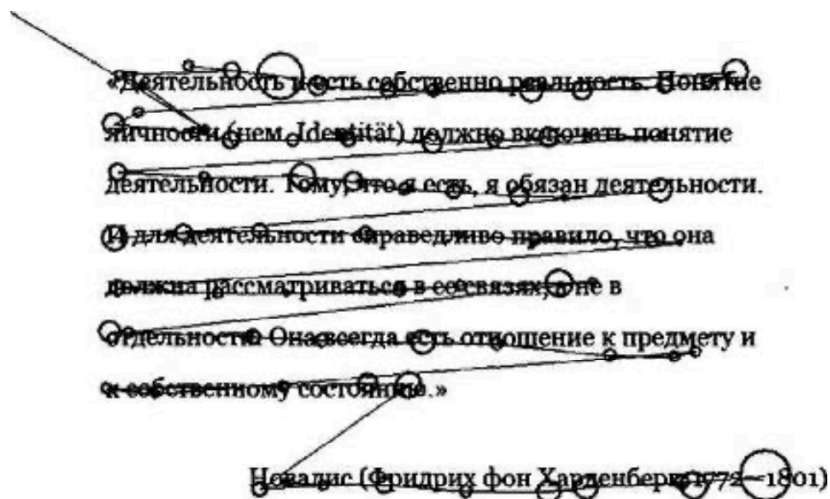
Левое и правое полушарие обрабатывают сенсорную информацию от правого и левого поля зрения соответственно. Из-за асимметрии в том, за что отвечают правое и левое полушарие, можно ожидать, что подобно асимметрии между левой и правой рукой существует некоторая асимметрия в том, как мы воспринимаем левое и правое визуальные поля.

Действительно, в сценическом искусстве известно, что существует разница между левой и правой половиной сцены: как только подымается занавес в начале акта, зрители начинают смотреть в левую сторону сцены. Левая сторона сцены считается более сильной. В группе из двух или трех актеров тот, кто стоит с левой стороны, будет в данной сцене доминировать. Аналогично в изобразительном искусстве известно, что зритель воспринимает рисунок, как если бы он свое внимание сосредоточил на левой стороне рисунка. Субъективно он отождествляет себя с левой стороной, и все, что появляется в этой части картины, имеет большое значение. Таким образом, кроме естественной точки равновесия в центре визуальной сцены, формируется дополнительный центр в ее левой части ⁵.

Как мы читаем обычные тексты ³

Когда мы читаем, наши глаза непрерывно совершают быстрые механические (т.е. не контролируемые сознанием) движения, *саккады (saccades)*. В среднем их длина составляет 7-9 символов. В это время мы не получаем новой информации. Основная функция саккад заключается в перемещении новой области текста в область фовеального зрения (2° центральной области видимости) для детального анализа, потому что чтение в области парафовеального или периферического зрения сильно затруднено или невозможно.

Типичная картина движений глаз при чтении ²



Между саккадами наши глаза остаются относительно неподвижными на время *фиксаций* (*fixations*) (около 200 – 300 мс). В течение этого периода мы распознаем видимую часть текста и планируем, куда совершить следующий переход.

Порядка 10–15% времени читающие переводят свой взгляд назад в тексте (*regressions*), чтобы повторно прочитать то, что уже было прочитано. С возрастанием трудности текста увеличивается продолжительность фиксаций и частота регрессий, а длина саккад уменьшается.

Длина саккады определяется в размерах букв, а не угловых величинах, и не изменяется с изменением расстояния от глаза до монитора с текстом.⁷

Размер *области восприятия* (*perceptual span*) относительно невелик: в случае алфавитных орфографий (напр. для европейских языков) эта область начинается от начала фиксированного слова, но не более, чем на 3-4 буквы слева от точки фиксации, и распространяется приблизительно на 14-15 размеров букв вправо от этой точки (суммарно 17-19 букв).

Область идентификации (*identification span*), то есть область видимости, необходимая для идентификации фиксированного слова, меньше, чем область восприятия и, как правило, не превышает 7-8 размеров букв справа от фиксации (суммарно порядка 10-12 букв).

Доступность первых 3 буквы слова во время предыдущей фиксации приводит к снижению времени фиксации на этом слове. Некоторые исследователи также показали, что информация о буквах справа от фиксации может быть использована для определения должно ли следующее слово быть пропущено.

Большинство исследователей полагают, что информация о границах слова (обеспечиваемая промежутками между словами) является основным фактором в определении места следующей фиксации. Длина саккады зависит как от длины фиксированного слова, так и от длины слова, следующего за ним.

В большинстве случаев чтение замедляется (в среднем на 30%) при отсутствии информации о промежутках (между словами). Это вызвано нарушением процессов идентификации слова и перемещения взгляда. Наоборот, добавление информации о промежутках облегчает чтение. Так, существуют данные, показывающие, что при разделении слов в тексте на тайском языке (для людей, которые никогда прежде не читали такие тексты с разделением слов пробелами),

чтение осуществлялось более эффективно.

Информация о длине слова также играет явную роль в определении того, где должна располагаться точка фиксации. Хотя присутствует некоторая вариативность в том, где внутри слова останавливается взгляд, как правило первая фиксация на слове осуществляется в *предпочитаемой точке взгляда (preferred viewing location)*, где-то на расстоянии 1/4 длины слова от его начала.

Когда промежуток между текущим и следующим словами попадает в парафовеальную область, первая фиксация на следующем слове происходит ближе к предпочитаемой точке, чем когда этот промежуток оказывается за ее пределами.

Несмотря на то, что в среднем позиция первой фиксации на слове лежит между началом слова и его серединой, эта позиция может меняться в зависимости от расстояния до предыдущей точки фиксации. Например, если расстояние до целевого слова большое (8-10 размеров букв), положение следующей фиксации сдвигается влево. Соответственно, если расстояние мало (2-3 размера букв), положение фиксации сдвигается вправо.

Позиция первой (и возможно единственной) фиксации на слове лежит между началом и серединой слова для слов длиной 4-10 буквы. Однако для более длинных слов наблюдается тенденция делать первую фиксацию ближе к началу слова и затем делать вторую ближе к концу слова.

Информационная плотность (или морфологическая структура) слова влияет на продолжительность фиксаций на каждой части слова. Например, было замечено, что если слово было возможно распознать по первым 6 буквам (слова были в среднем длиной около 12 букв), то, в общем случае, после первой фиксации в первой половине слова, взгляд переходил к следующему слову; в случаях, когда фиксация во второй части все же осуществлялась, то она была очень короткой. Однако в случае, когда слово могло быть распознано только по его окончанию, первая фиксация была короткой, а вторая, на конце слова, более длинной.

Таблица 1. Приблизительные средние значения продолжительности фиксаций и длин саккад при чтении и поиске

Задача	Средняя продолжительность фиксации (мс)	Средний размер саккады (градусы)
Чтение	225	2 (~ 8 букв)
Чтение вслух	275	1.5 (~ 6 букв)
Визуальный поиск	275	3
Восприятие сцен	330	4
Чтение нот	375	1
Печать	400	1 (~ 4 буквы)

В отношении визуального поиска установлено, что когда цель находилась в области с небольшим эксцентриситетом (отклонением от центра сцены), она обнаруживалась точно, с использованием одной саккады; когда цель располагалась ближе к периферии, наблюдались саккады в ложных направлениях (до 40% по времени). При сложных задачах поиска глаза изначально направлялись к центру сцены и затем к центрам рекурсивно меньших групп объектов до тех пор, пока цель не была найдена.

Результаты исследований механизмов понимания программ⁸

Концепции и терминология

Ментальная модель описывает мысленное представление разработчика о программе, которую необходимо понять, в то время как *когнитивная модель* описывает познавательные процессы и временные информационные структуры, которые используются для формирования ментальной модели в сознании программиста.

Планы программирования (programming plans) – это общие фрагменты кода, представляющие типичные сценарии в программировании. Например, программа сортировки будет содержать цикл для сравнения двух чисел в каждой итерации. Планы программирования также часто называют *клише* и *схемы*. *Делокализованные планы (delocalized plans)* возникают, когда план программирования реализуется в различных частях программы. Наличие делокализованных планов усложняет понимание программ.

Маяками (beacons) называют узнаваемые, характерные элементы кода, которые служат признаками присутствия в нем некоторых структур. Например, имя процедуры может указывать на реализацию определенной функции.

Правила написания программ (rules of programming discourse) охватывают принятые соглашения, такие как стандарты кодирования и реализации алгоритмов. Эти правила формируют определенные ожидания в сознании программиста.

Модель понимания от общего к частному

В этой модели предполагается, что процесс понимания программы происходит от общего к частному, когда воссоздание знания о прикладной области программы отображается затем на код программы. Процесс начинается с формулировки гипотезы об общем характере программы. Первичная гипотеза затем уточняется иерархическим способом путем формирования вспомогательных гипотез. Вспомогательные гипотезы уточняются и оцениваются в первую очередь по глубине. Верификация (или отклонение) гипотез сильно зависит от отсутствия или наличия маяков.

Процесс понимания программы от общего к частному используется, когда код программы или его вид знаком. При этом опытные программисты используют маяки, планы программирования и правила написания программ для декомпозиции целей и планов в планы более низкого уровня.

Понимание от частного к общему

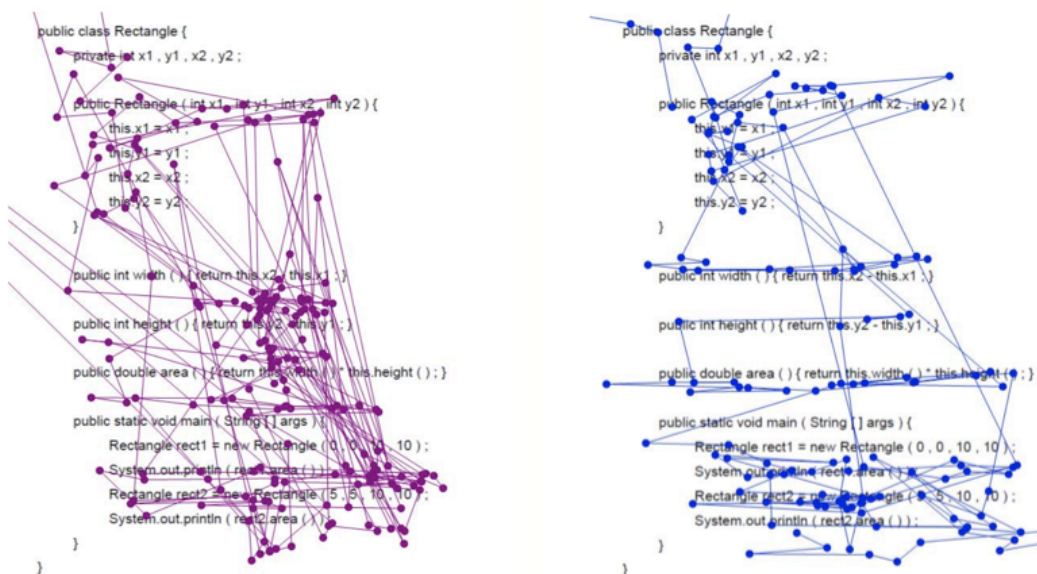
Теория понимания программ от частного к общему предполагает, что программисты сначала читают код и затем мысленно группируют утверждения в коде в абстракции более высокого уровня. Эти абстракции в дальнейшем также группируются, и этот процесс повторяется пока не достигается высоко-уровневое понимание программы.

Оппортунистическая и систематические стратегии

При использовании этих стратегий программисты либо систематически читают код в деталях, отслеживая потоки управления и данных в программе, для получения целостного понимания программы, либо читают его по необходимости, фокусируясь только на коде, относящемся к текущей задаче. В первом случае, программисты получают как статическое знание о программе (информацию о ее структуре), так и знание о причинно-следственных связях в ней (знание о взаимодействии между компонентами при их выполнении). Это позволяет им сформировать ментальную модель программы. При оппортунистическом подходе программисты в основном получают статическое знание, приводящее в результате к формированию более слабой ментальной модели работы программы. Это приводит к большему числу ошибок, так как программисты не могут распознать причинно-следственные связи между компонентами внутри программы.

Стратегии чтения программного кода⁹

На рисунке ниже представлены траектории движения глаз двух программистов-экспертов при чтении одного и того же кода:



Перед этими программистами были поставлены разные задачи: так, от первого (рис. слева) ожидали получить ответ, чему равно `rect2.area()`, второго предупредили, что ему будет задан вопрос относительно алгоритма с возможностью выбрать ответ из списка возможных.

Как мы можем видеть эти траектории достаточно сильно различаются, что связано, по-видимому, как с разными задачами, поставленными перед ними, так и их индивидуальными особенностями.

Авторы эксперимента описывают манеру чтения кода первым испытуемым как совершенно непредсказуемую, когда он перескакивал с одного места на другое, практически нигде не задерживаясь на сколько либо продолжительное время.

Второй же испытуемый, по словам экспериментаторов, читал код медленно и методически.

Действительно на иллюстрации слева мы наблюдаем достаточно хаотическую траекторию с большим количеством длинных вертикальных саккад, а на правой – преимущественно горизонтальные саккады, большинство из которых можно связать с чтением текста в общем смысле.

Можно говорить о том, что в первом случае мы видим доминирование быстрого амьбентного зрения, в то время как во втором — медленного фокального.

Авторы описывают следующие базовые типы движений глаз, составляющие более сложные стратегии чтения кода:

Тип	Описание
Flicking	Взгляд перемещается вперед и назад между двумя соотносящимися элементами, такими как списки формальных и актуальных параметров метода.
JumpControl	Взгляд переходит на следующую строку, следуя за потоком выполнения.
JustPassingThrough	Фиксации на свободном месте в процессе перехода куда-то еще.
LinearHorizontal	Целая линия последовательно и равномерно читается целиком слева направо или справа налево.
LinearVertical	Текст читается строка за строкой, как минимум, для трех строк, независимо от потока выполнения программы, не различая сигнатуру и тело функции.
RetraceDeclaration	Частые, повторяющиеся скачки между местами использования и определения переменных. Вид Flicking.
RetraceReference	Частые, повторяющиеся скачки между местами использования переменных. Вид Flicking.
Scan	Первичное поверхностное чтение всех строк кода сверху-вниз. Подготовительное чтение всей программы, которое занимает 30% времени на ее обзор (review).
Signatures	Все сигнатуры функций просматриваются, перед тем как начать изучение тела метода/конструктора.
Thrashing	Взгляд перемещается быстро и неконтролируемо в последовательности, которая кажется не имеет какого-то определенного смысла.
Word(Pattern)Matching	Простое сопоставление визуальных шаблонов.

Роль идентификаторов ¹⁰

Идентификаторы в коде программы часто выполняют роль маяков для планов программирования, поддерживающих ментальные модели более высокого уровня. Идентификаторы составляют примерно 70% исходного кода.

В общем случае, использование целых слов в идентификаторах приводит к лучшему восприятию программы, чем при использовании сокращений.

Идентификаторы, которые нарушают некоторые правила, приводят к более низкому качеству кода (больше ошибок).

Использование более длинных имен снижает правильность и требует больше времени для запоминания.

При сравнении эффективности использования идентификаторов, использующих camelCase нотацию и нотацию с подчеркиванием, в задаче поиска было показано, что хотя вид использованной нотации не влияет на аккуратность результата, использование идентификаторов с подчеркиванием требует меньше времени и усилий для достижения того же результата.

При исследовании влияния разных видов заполнений промежутков между словами на время чтения было обнаружено, что скорость уменьшалась на 10-75% в зависимости от вида заполнителя.

Обобщение результатов

Визуальное представление

Априори мы знаем, что программа имеет определенную логическую и синтаксическую структуры, и ожидаем, что структура ее визуального представление будет соответствующим образом отражать их.

Как говорилось выше, наш мозг находится в постоянном поиске некоторого оптимального варианта интерпретации визуальной сцены, позволяющего объяснить ее наиболее простым образом. Поэтому можно утверждать, что, чем более явно сформирована визуальная структура, и чем более точно она отражает структуру программы, тем меньше ментальных усилий мы затратим на восприятие этой программы.

При визуальном восприятии программы, мы получаем первое впечатление и оцениваем визуальную структуру текста главным образом за счет амбьентного зрения, обладающим малой остротой и цветовосприятием, ухудшающимися от центра к краю. Быстрое амбьентное зрение помогает нам выделить точки интереса в коде для его дальнейшего анализа и чтения с помощью медленного фокального зрения. Это значит, что, говоря об общей визуальной структуре текста программы, мы должны перейти из области фокального зрения, то есть из мира букв и символов, в область амбьентного зрения, то есть в область пятен и соотношений между ними.

Последовательность основных структурных элементов в программе располагается в вертикальном направлении, соответственно и при оценке общей визуальной структуры программы при охвате её «широким взглядом» преобладает вертикальное движение глаз, сопровождающееся небольшими отклонениями по горизонтали. Горизонтальное движение взгляда, связанное с переходом к фокальному зрению и непосредственно чтению, позволяет нам получить детали этих элементов.

Соответственно, для корректной оценки общей структуры программы важно сформировать корректную визуальную структуру в вертикальном направлении.

Например, в определении функции нам необходимо визуально разделить объявление функции, включающее её имя, возвращаемый тип, список параметров, и тело функции. Внутри тела функции необходимо разделить код инициализации начальных переменных, тело основного алгоритма, формирование и возвращение результата. В свою очередь, внутри кода

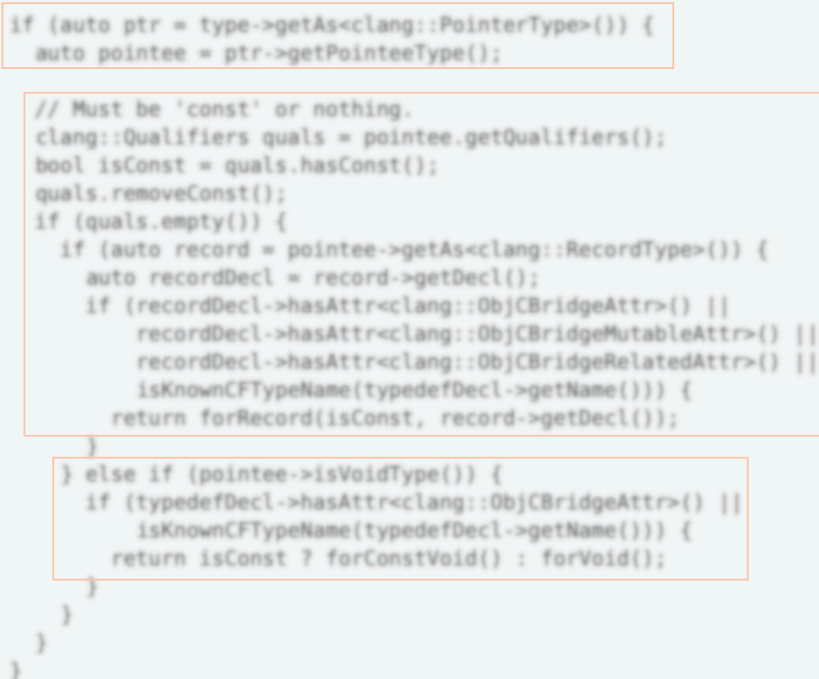
инициализации нам надо разделить область типов, имен переменных и присваиваемых им значений.

Рассмотрим следующий пример:

```
if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>()) {
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();
    if (quals.empty()) {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>()) {
            auto recordDecl = record->getDecl();
            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName())) {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        } else if (pointee->isVoidType()) {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName())) {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
```

Для оценки визуальной структуры проведем тест, аналогичный "тесту с прищуриванием" (*squint test*), популярному у разработчиков пользовательского интерфейса. Смысл этого теста заключается в том, чтобы попробовать сформировать расфокусированное изображение интерфейса, и оценить какое общее представление получает о нем пользователь в самый первый момент времени.



```
if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>()) {
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();
    if (quals.empty()) {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>()) {
            auto recordDecl = record->getDecl();
            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName())) {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        } else if (pointee->isVoidType()) {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName())) {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
```

При становится явным то, что визуальная структура этого кода содержит лишь три большие области, что, очевидно, не отражает корректно структуру этой программы.

Разбивка по вертикали позволяет исправить этот недостаток:

```
if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>())
{
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();

    if (quals.empty())
    {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>())
        {
            auto recordDecl = record->getDecl();

            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        }
        else if (pointee->isVoidType())
        {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
```

Результат теста:

```

if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>())
{
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();

    if (quals.empty())
    {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>())
        {
            auto recordDecl = record->getDecl();

            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        }
        else if (pointee->isVoidType())
        {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
}

```

Связанные области текста могут состоять из строк одинаковой структуры. В этом случае имеет смысл сгруппировать одинаковые элементы строк, подчеркнув тем самым их горизонтальную структуру. Такая группировка позволит выделить общее и сделает различия более заметным.

Таким образом, мы структурируем текст как по вертикали, так и по горизонтали. В первом мы случае выполняем эти разделения посредством добавления пустых строк. Во втором – мы используем отступы и выравнивание.

Отступы служат для формирования визуального представления иерархии в структуре программы между элементами, находящимися на разных строках.

Рассмотрим следующий пример:

```

let success = reticulateSplines(
    spline: splines,
    adjustmentFactor: 1.3,
    translateConstant: 2,
    comment: "normalize the display")

```

Список аргументов представлен в виде колонки и имеет отступ относительно первой строки. Достаточно ли этого отступа для того, чтобы правильно отобразить логическую структуру программы? Очевидно, что нет.

Правило сходства по близости связывает список аргументов с именем переменной сильнее, чем с именем функции даже несмотря на то, что благодаря подсветке синтаксиса формируется сходство по цвету. Но что случится, если алгоритм подсветки изменится? Вот как выглядел этот же код на gitlab:

```
let success = reticulateSplines(  
  spline: splines,  
  adjustmentFactor: 1.3,  
  translateConstant: 2,  
  comment: "normalize the display")
```

В данном случае подсветка синтаксиса еще больше ухудшила ситуацию, поскольку правило сходства по цвету теперь также усиливает связь аргументов с именем переменной. Имя функции здесь как бы и ни при чем.

При сканировании текста, такое расположение провоцирует движение глаз от результирующей переменной `success` сразу к столбцу списка аргументов и только потом регрессию к имени функции.

Подсветка синтаксиса может значительно облегчить восприятие программы. Однако, как мы видим из этого примера, в случае некорректной визуальной структуры, эффект от нее может быть совершенно противоположный. Учитывая также, что поскольку программист не контролирует подсветку синтаксиса, нельзя принимать ее во внимание при оценке того, насколько удобочитаемым и правильно отражающим структуру программы является её конкретное визуальное представление.

Чтобы правильно отобразить логическую структуру этого кода в его визуальное представление, необходимо, чтобы список аргументов имел отступ не относительно начала строки, а относительно начала имени функции:

```
let success = reticulateSplines(  
    spline: splines,  
    adjustmentFactor: 1.3,  
    translateConstant: 2,  
    comment: "normalize the display")
```

В этом варианте явно видно, что список аргументов функции синтаксически является частью выражения вызова функции и логически представляет собой набор параметров, который преобразуется посредством вызова функции

В этом варианте визуальная структура подчеркивает тот факт, что результирующая величина получается как вызов функции

Проведем тест с прищуриванием. Отключим также подсветку синтаксиса для того, чтобы исключить группировку по фактору сходства по окраски, которую мы не контролируем:

```
let success = reticulateSplines(  
    spline: splines,  
    adjustmentFactor: 1.3,  
    translateConstant: 2,  
    comment: "normalize the display")
```

Видно, что имя функции и список аргументов формируют сильно связанную область. Однако при использовании двух пробелов для отступа подчиненность списка аргументов относительно имени функции выглядит недостаточно выразительно. Использование четырех пробелов помогает решить эту проблему:

```
let success = reticulateSplines(  
    spline: splines,  
    adjustmentFactor: 1.3,  
    translateConstant: 2,  
    comment: "normalize the display")
```

Остается еще одна проблема: список аргументов выглядит как одно неструктурированное пятно, несмотря на то, что в нем присутствуют два типа элементов, метки аргументов и их значения, то есть, этот список обладает определенной структурой. Для того, чтобы визуально выделить эту структуру, используем выравнивание. Для этого отвлечемся на некоторое время от этого примера и рассмотрим различные способы форматирования списка аргументов в виде метка:значение.

Однострочное форматирование {#l1}

```
try coordinator.replacePersistentStore (at: tempStoreUrl, destinationOptions: dstOptions,  
    withPersistentStoreFrom: storeUrl, sourceOptions: srcOptions, ofType: store.type)
```

В этом варианте визуальная структура не отражает структуру выражения, поэтому поиск затруднен. Этот вариант предназначен лишь для того, чтобы его тщательно читали.

Из-за большой длины строки остаток ее, не помещающийся на первой строке, был помещен на вторую. В данном случае среда разработки сделала отступ, показывающий подчиненность этой строки относительно предыдущей. Однако, в другом месте (например, в панели сравнений на gitlab) вторая строка скорее всего будет начинаться с начала и визуальная структура участка кода, включающего эту строку, будет поломана.

Выравнивание пар метка:значение

```
try coordinator.replacePersistentStore (at: tempStoreUrl,  
    destinationOptions: dstOptions,  
    withPersistentStoreFrom: storeUrl,  
    sourceOptions: srcOptions,  
    ofType: store.type)
```

Этот вариант выглядит лучше в том смысле, что в нем спецификация имени метода и список аргументов явно отделены друг от друга. Уже несколько проще поиск в списке аргументов, поскольку каждая пара располагается на отдельной строке и метки выравнены по левому краю.

Тем не менее различение меток и значений затруднено из-за того, что отсутствует явная граница между областями меток и значений для всего списка. Кроме того, поскольку текст воспринимается как зафиксированный слева и свободный справа, в визуальном представлении этот код выглядит как большой груз (область списка аргументов), подвешенный на тонком и длинном рычаге. Основная масса кода оказывается сильно смещена в правую, менее важную часть пространства.

В данном случае можно попробовать исправить последний недостаток, сместив список аргументов влево:

```
try coordinator.replacePersistentStore (
    at: tempStoreUrl,
    destinationOptions: dstOptions,
    withPersistentStoreFrom: storeUrl,
    sourceOptions: srcOptions,
    ofType: store.type)
```

Для лучшего представления внутренней структуры списка аргументов необходимо сформировать явную разделительную линию между областями меток и значений. Здесь у нас есть два варианта.

Вариант 1: метки и аргументы выравнены влево по отдельности

```
try coordinator.replacePersistentStore (
    at:                tempStoreUrl,
    destinationOptions: dstOptions,
    withPersistentStoreFrom: storeUrl,
    sourceOptions:      srcOptions,
    ofType:             store.type)
```

Из всех предложенных до сих пор вариантов, этот наиболее точно передает логическую структуру кода. В нем явно различимы области меток и значений, идентификация и поиск отдельных элементов внутри их значительно облегчается. Однако из-за большой разницы в длинах меток аргументов связи внутри пар с короткими метками оказываются ослабленными.

Вариант 2: внутреннее выравнивание

```
try coordinator.replacePersistentStore (at: tempStoreUrl,
    destinationOptions: dstOptions,
    withPersistentStoreFrom: storeUrl,
    sourceOptions: srcOptions,
    ofType: store.type)
```

Обладая всеми преимуществами предыдущего варианта, этот вариант для данного примера выглядит более естественным. В нем метки аргументов выглядят как естественное продолжение имени метода, как это и должно быть в данном случае. Код выглядит достаточно компактным и без необходимости переноса списка аргументов на следующую строку.

Для примера с `reticulateSplines` код в этом варианте оформления будет выглядеть следующим образом:

```
let success = reticulateSplines (spline: splines,
    adjustmentFactor: 1.3,
    translateConstant: 2,
    comment: "normalize the display")
```

Как упоминалось выше, существует некоторая ассиметрия в том, как человек воспринимает левую и правую части визуальной сцены. Эта ассиметрия еще более естественным образом присутствует в восприятии текста программы: текст жестко привязан к левому краю, где отступы задают уровень иерархии в логической структуре программы. Правый же край свободен и не имеет жесткого ограничения. Чтение слева направо и сверху вниз определяет то, что что-то новое мы ожидаем увидеть сверху и слева или по центру.

В этом смысле нельзя назвать удачными с точки зрения читаемости конструкции вида:

```
let task = urlSession.dataTask(with: request) { data, response, error in
    guard let response = response as? HTTPURLResponse else {
        ...
    }
    ...
}
```

В таких конструкциях новое пространство имен начинается в конце строки, то есть в области наименьшей важности, там где это начало не ожидаемо. Более естественно расположить начало этого блока кода там, где он и должен быть — вверху слева:

```
let task = urlSession.dataTask(with: request)
{
    data, response, error in
    guard let response = response as? HTTPURLResponse else {
        ...
    }
    ...
}
```

Длина строки

Отсутствие жесткого ограничения справа, не означает, что ограничения нет вообще.

Многовековой опыт книгопечатания,¹¹ и десятилетия опыта, наработанного [веб-дизайнерами](#), сходятся к тому, что оптимальная длина строки, обеспечивающей комфортное чтение составляет приблизительно 45-75 символов.

Несмотря на структурные отличия текстов программ, трудно вообразить, что эти отличия настолько сильны, что могут сделать длинные строки, трудные для чтения обычных текстов, легкими в случае, когда мы читаем программу.

Видимо, повторяя Стива Макконнелла¹², некоторые разработчики говорят, что на их больших мониторах длинные строки прекрасно помещаются, и их присутствие в коде нормально. Этот аргумент «больших мониторов» не выдерживает никакой критики:

- Длинную строку трудно охватить «широким взглядом».
- Оценка структуры выражения затруднена из-за того, что эта структура размазана по строке и не формирует явно выраженных областей.
- Из-за неявно выраженной структуры и увеличения эксцентриситета затрудняется поиск.
- Из-за увеличения расстояния затрудняются переходы от конца строки к началу следующей, и соответственно замедляется чтение.
- Если отодвинуться от монитора с целью уменьшения углового размера строки, чтобы нивелировать некоторые указанные выше проблемы, это затруднит чтение за счет уменьшения размера букв и расстояний между ними. При этом это размер области идентификации и распознавания и размер саккад, измеряемых в буквах, не изменится. То есть, чтение замедлится.
- Большие мониторы не всегда доступны или текст программы может отображаться в области с гораздо меньшей шириной. При этом строка или не помещается в области видимости и требует прокрутки, либо строка разбивается на несколько строк и это, как правило ломает структуру программы во всей области видимости.

По ряду объективных факторов не всегда можно избежать длинных строк (например, из-за использования длинных идентификаторов, которые мы не в силах изменить). Также в случаях, когда нас не интересует структура выражения (например, при выводе отладочного сообщения в лог программы), использование длинной строки может оказаться даже предпочтительнее структурирования длинного выражения разбивкой его на несколько строк, так как делает этот код менее значимым с точки зрения амбьентного зрения.

В общем же случае, длинная строка, как и длинный идентификатор, это признак плохой читаемости кода.

Имена

Имена играют важнейшую роль для обеспечения удобочитаемости программного кода. Они занимают его большую часть и часто играют роль маяков, позволяющих идентифицировать характерные структурные части программы. Основные требования к именам – это их краткость и выразительность. *Чем имя длиннее, тем оно труднее для чтения, запоминания и поиска.* Длинные имена, как правило приводят к длинным строкам, что тоже затрудняет чтение и поиск. Требование выразительности означает, что в области контекста использования, идентификатор должен позволять однозначно определять роль обозначаемого им элемента программы.

Требования краткости и выразительности могут очевидным образом конфликтовать друг с другом, поскольку выразительность может требовать использования более длинных, составных имен. Поэтому имеет смысл сделать оценку допустимой рекомендованной длины идентификатора.

В идеале, мы хотим распознавать идентификатор с первого взгляда (при первой фиксации). Это значит, что первую оценку оптимальной длины можно заложить как размер области идентификации, то есть 10-12 символов. Особенностью текстов программ, как уже писалось выше является то, что набор допустимых слов в них ограничен, поэтому велика вероятность, что даже в случае более длинного идентификатора мы сможем впоследствии распознавать его по первой части, так что в принципе, даже при длине больше 12 символов нам потребуется лишь одна фиксация. Мы, однако хотим, чтобы при этом этот идентификатор помещался в размер области распознавания (17-19 символов) и оставался некоторый запас, таким образом, чтобы наш мозг имел возможность оптимально спланировать следующую саккаду. Если мы возьмем 4 символа от конца области распознавания, то получим оценку в 13-15 символов.

Допуская в редких случаях две фиксации с «угадыванием» мы получим оценку в 20-24 символа (13-15 из предыдущей оценки + 7-9 на саккаду внутри слова) .

Взяв середины отрезков полученных оценок получим следующую таблицу

Число фиксаций	Оценка максимальной длины имени
1	11
1 (с угадыванием окончания)	14
2	22

Эти рекомендации достаточно хорошо согласуются с теми границами, которые приводит в своей книге ¹² Стив Макконнелл: 10-16 и 8-20. Теперь мы можем как-то объяснить их.

На практике иногда приходится использовать имена, длины которых выходят за предлагаемые пределы. Например, когда имя включают в себя некоторое стандартное именование группы, к которой относится данный элемент, как в `PreferencesviewController`. Располагая значимую, уникальную часть имени в начале, мы можем ожидать, что распознаем уникальную часть имени уже при первой фиксации, и в то же время нам не потребуется больших усилий для распознавания «стандартного дополнения».

За редким исключением не имеет смысла использовать в именах какие-либо префиксы, описывающие некоторые общие характеристики (например тип) или для различения классов, являющихся частью вашего приложения. Префиксы маскируют смысловую часть имени, в их присутствии позиция первой фиксации на слове при чтении сдвигается влево от оптимальной, они требуют определенных усилий на дополнительный анализ слова. В некоторых случаях они могут изменять значение имени (`kBytesPerSec` это "килобайты в секунду" или константа `BytesPerSec`?).

Декорирование имен классов и функций имеет смысл лишь в случае разработки библиотеки на языке, в котором отсутствует понятие пространства имен, позволяющих ограничить их видимость. Все сущности, определяемые внутри вашего приложения, находятся на верхнем уровне пространства имен и, как правило, не нуждаются в каких-либо префиксах для предотвращения конфликтов имен.

Пробелы

Как указывалось выше, использование любого другого разделителя между словами вместо пробела требует больших усилий при чтении, поскольку приводит к затруднениям при определении границ слова, что в свою очередь затрудняет его распознавание и планирование следующей саккады.

Поэтому рекомендуется разделять идентификаторы в программе с помощью пробелов, даже в случае, если формально такого разделения не требуется. Например, имеет смысл разделять пробелом имя функции и список ее параметров/аргументов:

```
result = someFunction(firstArgument, secondArgument);
result = someFunction (firstArgument, secondArgument);
```

```
1
2 // При отсутствии пробела первый аргумент сливается с именем функции,
3 // что затрудняет чтение. Кроме того, нарушается визуальная структура:
4 // первый аргумент связан с этим именем сильнее, чем со вторым аргументом
5 // в списке аргументов.
6
7 result = someFunction(firstArgument, secondArgument);
8 result = someFunction (firstArgument, secondArgument);
```

В первой строке пробел отсутствует, и имя функции сливается с первым аргументом в списке аргументов. Кроме затруднения в чтении, мы можем также заметить, что визуальная структура не совсем корректно отражает логическую структуру программы: выражение вызова функции включает в себя имя функции и список аргументов, список аргументов включает в себя первый и второй аргументы. В первой же строке имя функции сильнее связано с первым аргументом, чем аргументы между собой.

В случае, когда совокупная длина идентификаторов не превышает размера области распознавания, это требование не является настолько критическим, поскольку все выражение может быть сразу охвачено одним взлядом:

```
strcat(dest, src)
strcat (dest, src)
```

Расстановка фигурных скобок.

На сегодняшний день в языках с Си-подобным синтаксисом существуют два основных способа расстановки фигурных скобок: *One True Brace Style (1TBS)* и *Allman*. Остальные [известные варианты](#) либо являются их вариациями, либо выглядят достаточно экзотически и, соответственно, популярностью не пользуются.

В *1TBS* открывающая фигурная скобка располагается в конце строки, содержащей окончание соответствующего синтаксического элемента, с которым она связана. В стиле *Allman*, эта скобка располагается на следующей линии с тем же отступом, как и начало связанного элемента.

В общем случае стиль *Allman* предпочтительнее, поскольку в нем открывающая и закрывающая скобки выровнены по вертикали. Это значительно облегчает поиск, например, парной открывающей скобки, поскольку требует лишь вертикального перемещения глаз. При этом на пути следования взгляда от одной скобки к другой, как правило, нет никакого текста, и поиск фактически происходит до первого символа. В *1TBS* поиск осуществляется в широком секторе, причем взгляд проходит через текст, который надо анализировать, и который часто содержит вложенные пары фигурных скобок, что также может затруднять обнаружение нужной нам пары.

Кроме того, поскольку в стиле *Allman* скобки располагаются на отдельных строках, блок кода внутри них визуально явно отделен от заголовка конструкции, что лучше соответствует структуре этой конструкции. В *1TBS* такого явного разделения нет, особенно в случае, когда предшествующая часть занимает несколько строк.

Открывающая фигурная скобка является частью блока кода, который она обрамляет на пару с закрывающей скобкой; и, поскольку мы ожидаем увидеть начала нового блока слева, то естественно и открывающую скобку как символ начала нового блока, располагать слева, в начале новой строки.

Тем не менее, есть случаи, когда *1TBS* может оказаться предпочтительнее, чем *Allman*. Например, в случае короткого условия в операторе `if`, когда код внутри скобок содержит 1-3 строки. В такой ситуации использование стиля *Allman* может приводить к развалу визуальной структуры кода, так что заголовок конструкции, оказывается недостаточно связанным с кодом внутри скобок по сравнению с окружающими элементами. В общем случае, можно

предложить следующую эвристику: использование 1TBS стиля возможно, когда заголовок утверждения, предшествующий { занимает одну строку, а сама скобка расположена в левой части страницы текста и заметно левее окончания первой строки обрамляемого кода, и этот код не содержит более трех строк.

Таким образом, несмотря на то, что стиль Allman в целом выглядит предпочтительнее, выбор того или иного способа расстановки должен осуществляться программистом в каждом конкретном случае, для того чтобы сформировать оптимальное визуальное представление соответствующей части программного кода. Можно предложить следующий алгоритм действий: по умолчанию использовать стиль *Allman*, но быть готовым к тому, что в каком-то случае может потребоваться изменить его на *1TBS*, если получившийся код не достаточно ясно отражает структуру программы.

Резюме

Формирование удобочитаемого, то есть легкого для восприятия текста программы требует учета специфических особенностей зрения человека, таких как амьбентное и фокальное зрение, механизмов чтения текста вообще и стратегий чтения текстов программ в частности.

Легкий для восприятия текст программы обладает ярко выраженной визуальной структурой, корректно отражающей структуру программы и представляющей собой относительно компактное по горизонтали «изображение», сформированное за счет иерархического группирования логически связанных элементов программы в компактные геометрические области.

Эта структура формируется как результат правильного использования отступов, добавления пустых строк, выравнивания элементов программы.

Легкость чтения текста программы обеспечивается выбором оптимальных по длине и выразительности идентификаторов, явного разделения их в тексте программы.

В своей книге о типографике ¹¹ Роберт Брингхерст пишет:

Заголовки, подзаголовки, большие цитаты, сноски, иллюстрации, подписи к ним и другие включения, набираемые в разрез текста, создают своеобразные синкопы и вариации в противовес основному ритму строк... Эти вариации могут и должны вдохнуть жизнь а страницу...

Чтобы книга, то есть длинный текст, была удобна для чтения, страница должна дышать в обоих измерениях.

Аналогично можно сказать, что структура программы, разворачиваясь в тексте сверху вниз, также обладает определённым ритмом и вариациями. Задача программиста — визуализировать этот ритм, сделать его явным в общем и в деталях.

-
1. [Eye Movements in Code Reading: Relaxing the Linear Order](#). Roman Bednarik, Bonita Sharif ↩
 2. Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. Academia, Смысл, 2006 ↩ ↩
 3. [Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research](#). Keith Rayner – University of Massachusetts at Amherst ↩ ↩
 4. Ярбус А.Я. Роль глаз в процессе зрения. М.:Наука, 1965 ↩
 5. Рудольф Арнхейм. Искусство и визуальное восприятие. М.:Архитектура-С, 2012 ↩ ↩ ↩ ↩
 6. Роберт Солсо. Когнитивная психология. СПб: Питер, 2002/2006 ↩
 7. [Saccade size in reading depends upon character spaces and not visual angle](#). Robert E. Morrison, Keith Rayner, 1981 ↩
 8. [Theories, tools and research methods in program comprehension: Past, Present and Future](#). Margaret-Anne Storey ↩
 9. [Eye movements in programming education: analysing the expert's gaze](#). Simon. University of Newcastle, Australia ↩
 10. [An Eye Tracking Study on camelCase and under_score Identifier Styles](#). Bonita Sharif and Jonathan I. Maletic – Department of Computer Science Kent State University ↩
 11. Роберт Брингхерст. Основы стиля в типографике. М.:Дмитрий Аронов, 2006 ↩ ↩
 12. Макконнелл С. Совершенный код. М.:Русская редакция, 2010 ↩ ↩