Topoliner

Содержание

Topoliner. Краткое руководство

- Установка
- Язык интерфейса
- Инструменты
- Быстрый старт
  - Полигональное покрытие
  - Линейный слой
- Два порога
- 1.01 Проверка топологии полигонов
- 1.02 Проверка топологии линий
- 1.03 Очистка топологии полигонов
- 1.04 Очистка топологии линий
- 1.05 Сшивка узлов и вершин
- 1.06 Вставка недостающих узлов
- 1.07 Контроль сборки по атрибуту
- 1.08 Ввод контуров в покрытие
- 2.01 Топологическое упрощение
- 2.02 Границы полигонов линиями
- 2.03 Топологическая модель покрытия
- Что решено по общим границам
- Отметки Z
- Предупреждения в отчёте
- Заливка результата обратно в MSSQL
- Ограничения
- Справочник полей выходных слоёв
  - Слой находок
  - Слой точек правок
  - Слой вставленных узлов
  - Слой узлов
  - Слой дуг
  - Слой границ
  - Очищенный и сшитый слои
- Спутники
- Проверка кода

Topoliner. Краткое руководство

English version

Версия 0.13.5

Плагин добавляет в панель Processing группу **Topoliner** с одиннадцатью инструментами. Основная задача - привести полигональное покрытие в порядок без ручного прилипания слоя к самому себе.

Установка

Работает на QGIS от 3.16 до 4.0 включительно.

Меню **Модули - Управление модулями - Установить из ZIP**, выбрать `topoliner.zip`. Перезапуск QGIS не нужен.

Инструменты появятся в панели **Processing** в группе **Topoliner**, подгруппа **1. Топология**.

Язык интерфейса

Плагин двуязычный. Язык берётся из локали QGIS, а не системы. Если в QGIS выставлен английский, интерфейс плагина тоже будет английским. Переведены названия, параметры, справки, отчёты и названия нарушений.

Инструменты

Номер инструмента задаёт и группу, и порядок в панели Processing. Ниже каждый инструмент описан отдельно, вместе с таблицей его параметров.

группа **1. Топология** содержит 1.01 - 1.08, группа **2. Генерализация** содержит 2.01 - 2.03. Порядок в первой группе соответствует рабочему процессу. Слой проверяется, чистится, при необходимости сшивается отдельно, затем контролируется сборка.

Инструмент	Что делает	Меняет слой
1.01 Проверка топологии полигонов	Ищет нарушения, выдаёт слой точек и сводку	Нет
1.02 Проверка топологии линий	Недоводы, перелёты, висячие концы, псевдоузлы	Нет
1.03 Очистка топологии полигонов	Чинит всё, что является мусором	Да, в новый слой
1.04 Очистка топологии линий	Обрезает перелёты, дотягивает недоводы, вставляет узлы	Да, в новый слой
1.05 Сшивка узлов и вершин	Только согласование узлов и вершин	Да, в новый слой
1.06 Вставка недостающих узлов	Достраивает узлы, не меняя ни формы, ни площади	Да, в новый слой

Инструмент	Что делает	Меняет слой
1.07 Контроль сборки по атрибуту	Проверяет, собираются ли группы в целое тело. Полигоны и линии	Нет
1.08 Ввод контуров в покрытие	Три режима наложения, кромка разреза достаётся обеим сторонам одинаковой	Да, в новый слой
2.01 Топологическое упрощение	Прореживает вершины полигонов и линий, не разрывая общих границ	Да, в новый слой
2.02 Границы полигонов линиями	Выдаёт границы отдельными линиями, каждую по разу	Нет
2.03 Топологическая модель покрытия	Раскладывает покрытие на узлы и дуги	Нет

Все инструменты работают в моделях и в пакетном режиме. Исходный слой не изменяется никогда, результат всегда новый слой.

Быстрый старт

Полигональное покрытие

Четыре шага, порядок именно такой.

Шаг 1. Проверить. Запустить **1.01 Проверка топологии полигонов** с допуском 2 и порогом площади 1. Посмотреть сводку в панели Processing. Она отвечает на главный вопрос, сколько нарушений уйдёт молча и сколько придётся разбирать вручную.

Шаг 2. Почистить. Запустить **1.03 Очистка топологии полигонов** с теми же порогами. Прочитать отчёт, особенно строку изменения площади.

Шаг 3. Проверить снова. Повторить шаг 1 по результату. В разряде **auto** должно остаться пусто. Всё, что осталось в разряде **review**, разбирается вручную.

Шаг 4. Проверить сборку. Запустить **1.07 Контроль сборки по атрибуту** по полю блока, затем по полю панели. Это конечный критерий приёмки. Ради корректной сборки всё и делается.

Линейный слой

Шаг 1. 1.02 Проверка топологии линий с допуском 2. Смотреть, сколько недоводов и перелётов против висячих концов. Первые два чинятся, третье остаётся вам.

Шаг 2. 1.04 Очистка топологии линий с тем же допуском.

Шаг 3. Повторить шаг 1. Должны остаться только висячие концы.

Шаг 4. При необходимости **1.07 Контроль сборки по атрибуту**. Проверяется, собирается ли группа линий в одну связную цепь.

Два порога

Всё поведение задаётся двумя числами.

Допуск в единицах CRS слоя. Предельное смещение вершины и радиус поиска соседних рёбер. Берите чуть больше реальной величины расхождений и заметно меньше длины самого короткого осмысленного ребра. Для оцифровки по планшетам обычно 1 - 2 м.

Перекрытия оцениваются шириной, а не площадью. Полоса шириной с допуск и длиной в десятки метров набирает сотню квадратных единиц, но остаётся следствием смещения вершин. Мусором считается перекрытие уже допуска, содержательным - шире допуска.

Порог площади в квадратных единицах CRS. Площадь, ниже которой фрагмент считается техническим мусором. Разумная точка отсчёта - квадрат допуска. При допуске 2 м это 4 кв. м, на практике часто хватает 1 кв. м.

Главное правило для допуска. Он должен быть меньше ширины самого узкого объекта.



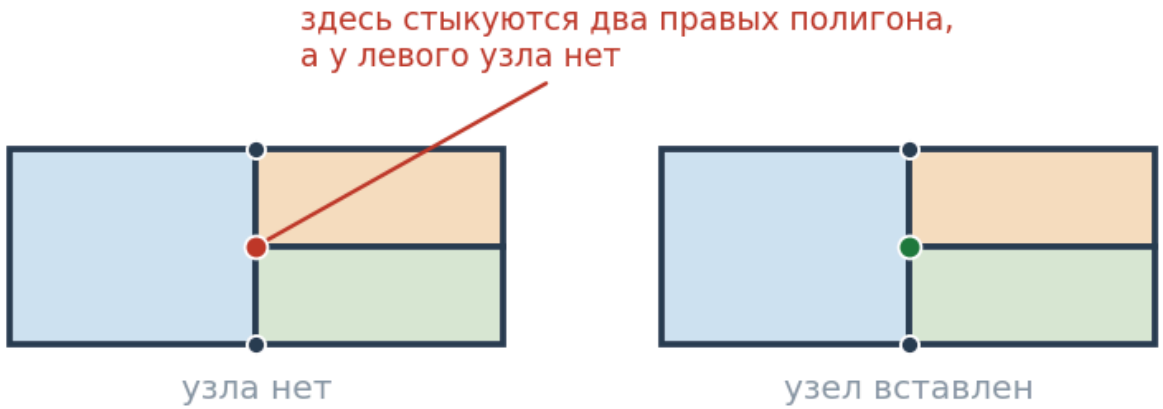
Если объект уже допуска, его противоположные берега слипнутся, и он схлопнется сам в себя. Именно так ломаются узкие полосы, например полигоны между близкими уровнями изолиний.

Инструмент сшивки печатает минимальную и медианную ширину колец до расчёта и сообщает, сколько колец уже допуска. Смотрите на эту строку перед тем, как принимать результат.

Уменьшать допуск до ширины самого узкого объекта не требуется. Такой допуск перестанет смыкать реальные расхождения. Вместо этого работает флажок **Не изменять объекты уже допуска**, включённый по умолчанию. Узкие объекты остаются нетронутыми и служат опорой, к которой подтягиваются соседи.

Пороги проводят границу между «мусор, чиню молча» и «смысл, показываю». Если сомневаетесь, начинайте с малых значений. Занизить порог безопасно, завысить нет.

1.01 Проверка топологии полигонов



Вход. Полигональный слой. Можно ограничиться выделенными объектами.

Выход. Слой точек с полями:

- `type` - код нарушения,
- `label` - название по-русски,
- `severity` - `auto` или `review`,
- `fid_a`, `fid_b` - идентификаторы объектов, для парных нарушений оба,
- `value` - величина нарушения (площадь, смещение, количество),
- `note` - пояснение.

Подсказка по допуску. После проверки инструмент печатает, как расхождения распределены в этом слое. Печатаются количество, медиана, девяносто пятый процентиль и максимум. Если в распределении есть разрыв, он называется. До него погрешность оцифровки, за ним разногласие между источниками. Если разрыва нет, инструмент так и говорит, а не выдумывает значение.

Отдельно печатается потолок, то есть величина, выше которой допуск брать не следует. Такой допуск схлопнет короткие рёбра и узкие объекты. Считается по пятому процентилю длины ребра и минимальной ширине объекта.

Если медиана расхождений оказалась близка к заданному допуску, распределение обрезано. Дальше допуска проверка не смотрит, и настоящие расхождения крупнее. Стоит повторить с допуском покрупнее.

Два похожих нарушения стоит различать. «Вершина лежит на ребре соседа» означает расстояние ноль. Границы совпадают геометрически, но вершинность у соседей разная. Такое чинят при любом допуске. «Вершина рядом с ребром» означает лишь близость, и количество таких находок задаётся допуском. Если в сводке медиана близка к допуску, а не к нулю, вы смотрите на соседние объекты, а не на дефекты.

Как читать. Стилизуйте слой по полю `severity`. Точки `review` - это рабочий список. Точки `auto` смотреть не обязательно, их уберёт очистка.

Если в `review` много перекрытий, отсортируйте находки по полю `value` и посмотрите распределение. Провал в распределении и есть искомый порог площади для этих данных.

Поле группировки. Один слой может хранить несколько покрытий, различаемых атрибутом. Это зоны разных пластов, варианты раскройки, слои разных лет. Такие объекты лежат в одних и тех же местах по замыслу, и без группировки каждое наложение попадает в перекрытия, дубликаты и вложения. Укажите поле, и проверка пойдёт внутри каждой группы отдельно. Ключ группы записывается в поле `grp`.

На слое геомеханических зон из 379 объектов проверка целиком дала 166 находок, а с группировкой по пласту 41. Разница целиком приходится на межпластовые наложения.

Тот же параметр есть у очистки. Объекты разных групп не сшиваются между собой и не спорят за площадь.

Порог площади полости. Целик, озеро или незакартированный участок это часть замысла, а не дефект. Полость крупнее указанной площади находкой не считается. Мелкая дыра в покрытии остаётся дефектом. Ноль отключает проверку.

Отключаемые проверки. Поиск перекрытий и поиск щелей самые дорогие. На больших слоях их можно выключить и прогнать отдельно.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Проверяемый слой (полигоны)	-	Слой не изменяется
Допуск (в единицах CRS слоя)	2	Расстояние, ниже которого расхождение считается погрешностью оцифровки
Порог площади мусора (кв. единицы CRS)	1	Площадь, ниже которой фрагмент считается техническим мусором
Поле или поля группировки, *необязательный*	-	Нарушения ищутся внутри каждой группы отдельно. Нужно, когда в слое несколько покрытий
Полость крупнее этой площади щелью не считается	0	Целик, озеро, незакартированный участок. Ноль отключает
Искать перекрытия, дубликаты и вложения	да	
Искать щели в покрытии	да	
Искать вершины без узла на соседнем ребре	да	
Находки	-	Выходной слой точек

1.02 Проверка топологии линий



Слой не изменяется. На выходе слой точек с находками и сводка в панели Processing.

У линий свой набор нарушений. Щели, перекрытия, вложения и волосяные полигоны к ним не применимы, зато появляются недоводы, перелёты, висячие концы и псевдоузлы.

Три случая на конце линии стоит различать. *Недовод* это конец, не дошедший до соседней линии. Расстояние меньше допуска, это след оцифровки. *Перелёт* это хвост, торчащий за пересечением, тоже след оцифровки. *Висячий конец* это конец, которому не с чем соединяться. У гидросети или сети выработок он обычно является устьем или тупиком, поэтому решение остаётся человеку.

Порядок проверки существенен. У хвоста за узлом конец тоже отстоит от соседней линии, поэтому перелёт ищется раньше недовода.

Псевдоузел это стык двух линий концами, где больше ничего нет. По умолчанию проверка выключена. Во многих слоях разбиение на участки сделано намеренно.

Параметры

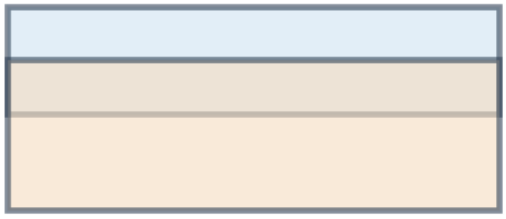
Параметр	Умолчание	Что задаёт
Проверяемый слой (линии)	-	Слой не изменяется

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Допуск (в единицах CRS слоя)	2	Недовод и перелёт короче допуска относятся к мусору
Порог длины линии	0	Линии короче попадают в находки. Ноль отключает
Искать висячие концы, недоводы и перелёты	да	
Искать пересечения без узла	да	
Искать псевдоузлы	нет	Выключено намеренно: во многих слоях разбиение на участки сделано специально
Находки	-	Выходной слой точек

1.03 Очистка топологии полигонов



узкая полоса: мусор, вычитается



шире допуска: решает человек

Что чинится молча

- повторяющиеся вершины и нулевые сегменты,
- иглы (разворот линии назад в одной вершине),
- вершины, лежащие на ребре соседа без узла,
- перехлёсты рёбер без общих вершин,
- расхождения вершин меньше допуска,
- микродыры и микрочасти,
- некорректная геометрия,
- перекрытия мельче порога площади,
- щели мельче порога площади.

Что не делается никогда

- крупные перекрытия,
- крупные щели,
- дубликаты объектов,
- вложенные объекты,
- волосяные полигоны,
- удаление микрообъектов без явного разрешения.

Всё это попадает в слой **Оставшиеся проблемы** с пояснением в поле `note`.

Порядок шагов. Чистка вершин, затем микрочасти и микродыры, затем сшивка, затем исправление некорректной геометрии, затем перекрытия, затем щели. Порядок зафиксирован и не настраивается. Иглы снимаются до сшивки, иначе они превращаются в ложные узлы и разносятся по соседям. Проверка корректности идёт после сшивки, потому что сшивка сама способна породить самопересечение.

Основные параметры

- **При перекрытии площадь сохраняет** - более крупный объект или объект с меньшим идентификатором. По умолчанию крупный.
- **Удалять объекты мельче порога площади** - по умолчанию выключено, потому что удаление объекта уничтожает и его атрибуты.
- **Порог угла иглы** - около одного градуса убирает только явные артефакты.
- **Восстанавливать отметки Z** - см. раздел «Отметки Z».

Гарантии

- Вершина не смещается дальше допуска.
- Правка, отнимающая у объекта больше четверти площади, отменяется. Объект остаётся как был и попадает в оставшиеся проблемы.
- Повторный запуск по результату ничего не меняет.
- Атрибуты сохраняются полностью.

Выходной слой всегда составного типа, потому что исправление может разделить объект на несколько частей.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (полигоны)	-	
Допуск (в единицах CRS слоя)	2	Предельное смещение вершины
Порог площади мусора (кв. единицы CRS)	1	Граница между мусором и возможным смыслом
Поле или поля группировки, *необязательный*	-	Объекты разных групп не сшиваются и не спорят за площадь
При перекрытии площадь сохраняет	более крупный объект	Второй вариант: объект с меньшим идентификатором
Удалять объекты мельче порога площади	нет	Выключено: удаление уничтожает и атрибуты
Полость крупнее этой площади щелью не считается	0	
Порог угла иглы, градусы	1	Разворот линии назад в пределах этого угла считается иглой
Сшивать вершины и узлы	да	
Исправлять некорректную геометрию	да	С контролем потери площади
Убирать мелкие перекрытия	да	Узкие полосы, шириной меньше допуска
Заполнять мелкие щели	да	Щель уходит соседу с самой длинной общей границей

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Восстанавливать отметки Z	да	По ближайшей исходной вершине
Очищенный слой	-	Всегда составного типа
Оставшиеся проблемы, *необязательный*	-	Слой точек: то, что решает человек

1.04 Очистка топологии линий

Исправляет то, что заведомо является следом оцифровки.

Снимает повторяющиеся вершины и иглы, обрезает перелёты до самой точки пересечения, дотягивает недоводы на проекцию на соседнюю линию, вставляет недостающие узлы, удаляет линии нулевой длины.

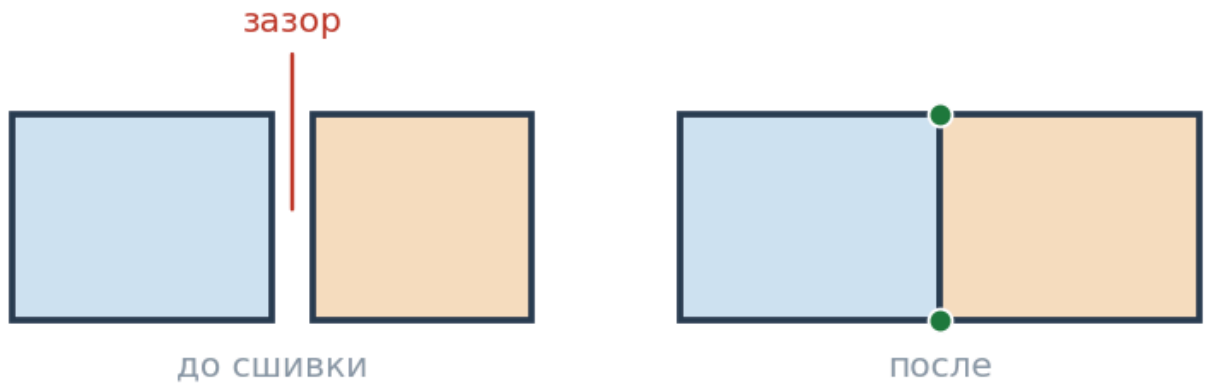
Что не делается: висячие концы не трогаются, линии короче порога не удаляются без явного разрешения, псевдоузлы не объединяются.

Гарантия. Конец линии не смещается дальше допуска. Повторный запуск по результату ничего не меняет.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (линии)	-	
Допуск (в единицах CRS слоя)	2	Предельное смещение конца линии и предельная длина обрезаемого хвоста
Порог длины линии	0	
Обрезать перелёты за узел	да	Хвост отрезается до самой точки пересечения
Дотягивать недоводы до соседней линии	да	Конец переносится на проекцию
Вставлять недостающие узлы	да	
Удалять линии короче порога длины	нет	Выключено: удаление уничтожает и атрибуты
Порог угла иглы, градусы	1	
Очищенный слой	-	
Оставшиеся проблемы, *необязательный*	-	

1.05 Сшивка узлов и вершин



Нужна, когда покрытие в остальном в порядке и требуется только согласовать границы. Не трогает перекрытия и щели.

Полезный приём - сначала прогон в режиме **Только вставка узлов**. Он не двигает ни одной существующей координаты и показывает реальный объём расхождений по количеству вставленных узлов.

Эталонный слой. Отдельный параметр. Его вершины считаются неподвижными и притягивают входной слой, сам эталон не изменяется и в результат не попадает. Нужен, когда новый участок пришивается к уже принятой границе.

Кто кого притягивает. По порядку объектов в слое либо крупные притягивают мелкие. По смыслу обычно подходит второе.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (полигоны или линии)	-	
Допуск (в единицах CRS слоя)	2	Предельное смещение вершины
Режим	слияние вершин и вставка узлов	Другие варианты: только вставка узлов, вершины при этом не двигаются, и только слияние вершин
Эталонный слой, *необязательный*	-	Его вершины неподвижны и притягивают входной слой. Сам не изменяется
Кто кого притягивает	крупные объекты притягивают мелкие	Второй вариант: по порядку объектов в слое
Отметка Z вставленного узла	интерполировать вдоль ребра	Второй вариант: взять у притянутой вершины
Ставить узлы в точках пересечения рёбер	да	
Не изменять объекты уже допуска	да	Такой объект схлопнулся бы сам в себя, поэтому остаётся опорой
Если сшивка испортила геометрию	исправить, а если не выходит, вернуть исходную	Другие варианты: сразу вернуть исходную геометрию объекта либо оставить как есть

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Проверять корректность геометрии до и после	да	
Сшитый слой	-	
Точки правок, *необязательный*	-	Где двигались вершины и вставлялись узлы

1.06 Вставка недостающих узлов

Достраивает узлы там, где вершина одного объекта лежит на ребре другого, но узла там нет. Ничего больше не делает.

Чем отличается от сшивки. Сшивка двигает вершины, чтобы сомкнуть расхождения. Здесь расхождения нет вовсе. Границы уже совпадают, различается только вершинность. Поэтому вставка узлов ничего не двигает, и суммарная площадь остаётся прежней точно, а не приблизительно. Отчёт печатает площадь до и после. Если строки о равенстве нет, результат неверен.

Когда нужно. Отрисовке разная вершинность не мешает и на глаз не видна. Мешает объединению по атрибуту, оверлеям, генерализации и загрузке в базу со строгой топологией. Типичный источник это независимое построение полигонов по разные стороны общей прямой, например линии разлома или края маски обрезки.

Опорный слой необязателен. Его вершины служат источником узлов для входного слоя, сам он не изменяется и в результат не попадает. Без него узлы берутся из самого входного слоя.

Отчёт разделяет узлы на два вида: на рёбрах соседей и в пересечениях рёбер. Первое это недостающие общие вершины, ради которых инструмент и сделан. Второе означает, что рёбра пересекаются, то есть объекты накладываются друг на друга. Если таких узлов больше половины, слой не является единым покрытием, и стоит сперва посмотреть перекрытия инструментом 1.01. При осмысленном наложении, например разных пластов в одном слое, галочку об узлах в пересечениях лучше снять.

Проходов может понадобиться несколько. Вставленный узел сам иногда ложится на ребро третьего объекта, поэтому инструмент повторяет проходы, пока узлы находятся, и печатает их количество. На типичном слое кригинга хватает трёх.

Отклонение от ребра это не допуск. Расстояние здесь равно нулю, а величина нужна лишь как защита от ложных срабатываний. Умолчание отвечает точности координат. Задавать метры не следует. Инструмент начнёт подтягивать рёбра, и гарантия неизменной площади перестанет выполняться.

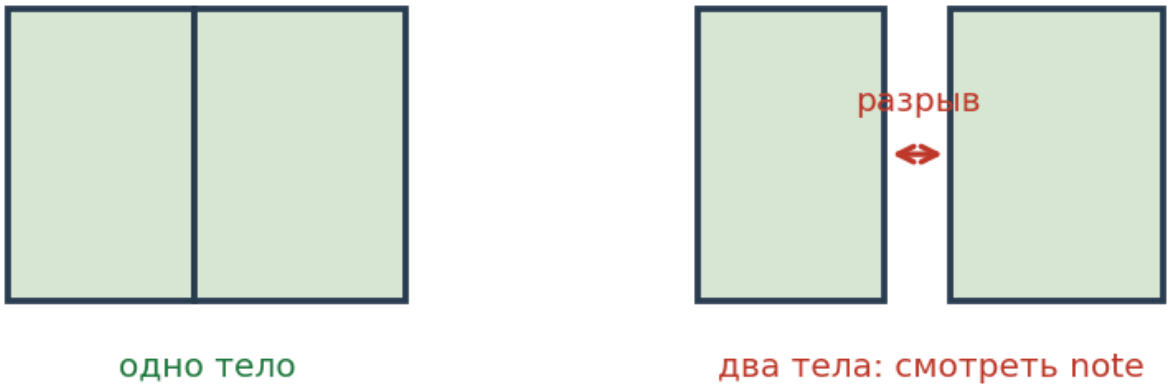
Находит эти места инструмент **1.01**, тип нарушения **вершина лежит на ребре соседа без узла**.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (полигоны или линии)	-	
Опорный слой, *необязательный*	-	Источник узлов. Не изменяется и в результат не попадает

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Допустимое отклонение вершины от ребра	0.000001	Не допуск, а защита от ложных срабатываний. Метры задавать не следует
Ставить узлы в точках пересечения рёбер	да	
Предельное количество проходов	10	На согласованном покрытии хватает двух-трёх. Достижение предела означает, что слой не является покрытием
Слой с узлами	-	
Вставленные узлы, *необязательный*	-	Точки, где появились узлы

1.07 Контроль сборки по атрибуту



Проверяет, что объединение объектов с одинаковым значением атрибута даёт ровно одну часть без внутренних колец. Слой не изменяется.

Зачем. Это прямая замена ручной процедуры «объединить без атрибутов и посмотреть глазами». Инструмент отвечает на конечный вопрос сразу и по всем группам, а не по одной.

Что находится

- **Группа распалась на части.** Внутри группы остался разрыв. В поле `note` указано расстояние до ближайшей части. Это и есть допуск, которого не хватило.
- **Внутреннее кольцо в группе.** Внутри группы осталась дыра. Настоящие технологические полости тоже попадут сюда, их отличают по площади.

Важное свойство. Проверка находит то, чего не видит поиск щелей по всему покрытию. Зазор, выходящий на внешний край, дырой в объединении не является, но при сборке группы он разрезает её надвое. Поэтому контроль сборки надо выполнять всегда, а не только при подозрениях.

Для линий проверяется то же самое, собирается ли группа в одну связную цепь. Смежные участки склеиваются, поэтому количество исходных отрезков роли не играет. Внутренних колец у линий не бывает, мерой служит длина.

Когда группа не обязана быть цельной. Одно значение атрибута часто описывает несколько разнесённых тел. Это полигоны изолиний одного уровня, участки одного типа, острова. Для таких данных задайте **Максимальный разрыв**. Части, отстоящие дальше него, считаются отдельными телами, а разрывом остаётся только разделение внутри тела. Полости в таких данных тоже обычно входят в замысел, для них есть флажок **Внутренние кольца допустимы**.

Признак того, что порог нужен, виден сразу. Если в поле `note` стоят сотни и тысячи метров, это не дефекты сборки, а нормально разнесённые тела. Для зон, блоков и панелей порог оставляют нулевым. Там группа обязана собираться в одно целое.

Если выбрано несколько полей, ключом становится их сочетание.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Слой (полигоны или линии)	-	Слой не изменяется
Поле или поля группировки	-	Обязательный. При нескольких полях ключом становится их сочетание
Порог площади мусора	1	Ниже этой площади внутреннее кольцо считается мусором
Максимальный разрыв внутри тела	0	Насколько далеко части ещё считаются одним телом. Ноль означает, что группа обязана быть цельной
Внутренние кольца допустимы	нет	Для данных, где полость входит в замысел
Находки сборки	-	Выходной слой точек

1.08 Ввод контуров в покрытие

Вводит нарисованные контуры в полигональное покрытие. Контур становится отдельным объектом, а что происходит с соседями, задаёт режим наложения. Результат это новый слой.

Зачем. Врезка средствами редактора делает два независимых действия. У нового объекта отрезается то, что легло на соседей, а у каждого соседа отрезается то, что легло под новый объект. Кромка разреза приходит из двух разных вычислений и совпадает только на вид. Вершины расходятся, и дальше эти расхождения находит инструмент 1.01.

Здесь кромка приходит из одного наложения и достаётся обеим сторонам одинаковой. Это проверено тестами через модель покрытия. Кромка становится одной дугой с двумя соседями, а не двумя дугами рядом.

Недостающие узлы. Разрез кончается на границе соседа с третьим объектом, и у этого третьего узла в той точке нет. Инструмент достраивает такие узлы так же, как это делает 1.06. Узел ставится в проекцию точки на ребро, поэтому форма и площадь третьего объекта не меняются.

Режим наложения. Три режима отвечают на один вопрос, кому достаётся площадь под контуром.

Режим	Новый объект получает	Соседи	Площадь покрытия
Наложение	весь контур	урезаются	растёт на часть за краем
Отсечение	только свободное место	площади не теряют	растёт на ту же часть

Режим	Новый объект получает	Соседи	Площадь покрытия
Врезка	только то, что внутри покрытия	урезаются	не меняется

Отсечение нужно там, где покрытие уже разнесено по смыслу и новый объект обязан занять промежуток, не споря с соседями. Врезка нужна там, где внешняя граница покрытия задана и выходить за неё нельзя.

Порог площади. Остаток соседа мельче порога отходит контуру целиком, осколок не создаётся. Кусок соседа мельче порога контуру не достаётся, и сосед остаётся как был.

Атрибуты нового объекта. Поле, у которого все отдавшие площадь соседи имеют одно значение, получает это значение. Поле с разными значениями остаётся пустым. Контур, легший на пустое место, получает пустые атрибуты целиком. Ключ слоя не переносится никогда, иначе новый объект повторил бы ключ соседа.

Порядок. Контуры применяются по одному, в порядке слоя. Результат каждой врезки входит в покрытие до начала следующей, поэтому два перекрывающихся контура не накладываются друг на друга.

Отметки Z берутся с ближайшего исходного ребра. Вершина на середине ребра получает отметку, посчитанную вдоль этого ребра. За краем покрытия исходных рёбер нет, и там отметка достаётся от ближайшего края.

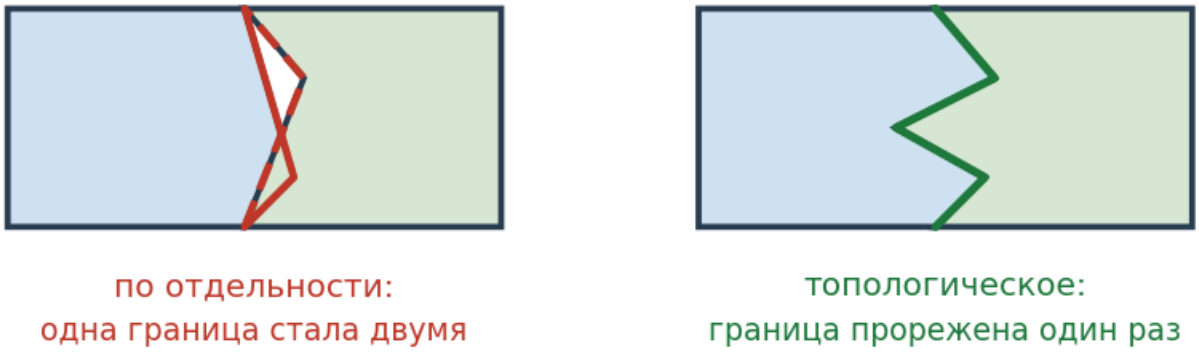
Линии врезаются после построения буфера. Буфер строится отдельным инструментом QGIS.

Площадь. Врезка площадь только перераспределяет. Прирост покрытия равен площади контуров, легшей за его краем. Отчёт печатает обе величины и при расхождении выдаёт предупреждение.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Покрытие (полигоны)	-	Слой не изменяется
Контуры (полигоны)	-	Контуры, по одному на объект слоя
Режим наложения	Наложение	Кому достаётся площадь под контуром
Порог площади (в кв. единицах CRS)	1	Ниже этой площади остаток отходит контуру, а мелкий кусок не отрезается
Допустимое отклонение вершины от ребра	1e-06	Вставка недостающих узлов. Ноль отключает
Восстанавливать отметки Z	да	Отметка берётся с ближайшего исходного ребра
Покрытие с контурами	-	Выходной слой

2.01 Топологическое упрощение



Прореживает вершины так, что граница, общая для двух соседей, остаётся общей.

Зачем. Обычное упрощение обрабатывает каждый полигон отдельно, поэтому одна и та же граница прореживается дважды и по-разному. Появляются щели и перехлёсты. Замер на слое зон с допуском 5. Топологическое упрощение не порождает ни одного нарушения, независимое даёт 46 перекрытий, 25 щелей и 189 несогласованных узлов.

Как работает. Общие рёбра склеиваются в дуги между узлами ветвления, каждая дуга прореживается ровно один раз, и обоим соседям достаётся один и тот же результат. Концы дуг неподвижны, поэтому узлы, где сходятся три полигона, не смещаются.

Линии обрабатываются наравне с полигонами. Общий участок двух линий прореживается один раз, концы линий и точки ветвления остаются на месте. Это нужно изолиниям, гидросети и горным выработкам. Обычное упрощение разрывает их в узлах.

Два метода прореживания. Дуглас-Пекер меряет отклонение вершины от хорды. Он держит углы и характерные изломы, но на плавной кривой оставляет заметные грани. Висвалингам меряет площадь треугольника из трёх соседних вершин. На плавных линиях результат мягче, зато острый угол из коротких рёбер может срезаться. Для границ блоков и выработок подходит первый, для изолиний и гидросети второй.

Допуск в обоих случаях задаётся в единицах длины, одним полем. Одно поле работает и в моделях, и в пакетном режиме. Точного соответствия между методами нет, один меряет расстояние, другой площадь. При равной величине в поле Висвалингам оставляет заметно больше вершин. Для сравнимого результата его допуск берут крупнее.

Сглаживание срезает углы после прореживания, по тем же дугам, поэтому общая граница остаётся общей. Схема Чайкина не выходит за исходную линию, так что выбросов и новых самопересечений не возникает. Каждый проход примерно удваивает количество вершин, обычно хватает одного или двух.

Сглаживание единственное место, где повторный запуск по результату меняет геометрию. Каждый прогон срезает углы заново. Прореживание без сглаживания при повторе ничего не меняет.

Точность опознания общих вершин это не допуск упрощения. Она нужна, когда соседи записаны с разной точностью координат. Задавать метры не следует.

Площадь при упрощении меняется, в этом его смысл. Топология при этом не портится. Проверьте результат инструментом 1.01, количество находок не должно вырасти.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (полигоны или линии)	-	
Метод прореживания	Дуглас-Пекер	Второй вариант: Висвалингам, по площади треугольника
Допуск упрощения	1	Предельное отклонение упрощённой линии от исходной. Для Висвалингама пересчитывается в площадь
Не упрощать дуги короче, вершин	0	Защита коротких участков границы. Ноль отключает
Сглаживание, количество проходов	0	Срезание углов после прореживания. Каждый проход примерно удваивает количество вершин
Точность опознания общих вершин	0.000001	Не допуск упрощения. Нужна, когда соседи записаны с разной точностью координат
Поле или поля группировки, *необязательный*	-	Границы разных групп общими не считаются
Сохранять отметки Z	да	
Упрощённый слой	-	

2.02 Границы полигонов линиями



Выдаёт границы покрытия отдельными линиями, от узла до узла. Слой не меняется.

Чем отличается от перевода полигонов в линии. Обычный перевод выдаёт общую границу дважды, по разу от каждого соседа. Это две совпадающие линии, одна поверх другой. Стиль ложится на обе, и толщина удваивается. Здесь граница выходит один раз.

Три вида границ: между объектами, внешний край покрытия, край полости. Если в полости лежит другой объект, это уже граница между объектами.

Атрибуты: `kind`, `label`, `fid_a`, `fid_b`, `length`. Если задано поле, добавляются `val_a` и `val_b` - значение поля у каждого соседа. Для геологических границ это пласт слева и пласт справа.

Линия рвётся там, где сходятся три и более объекта, и там, где меняется пара соседей. Граница между двумя телами выходит одним куском.

Отклонение при поиске общих вершин. Если у соседей разная вершинность, общая граница не опознаётся. Перед разбором такие узлы достраиваются, вершины при этом не двигаются. Проверить слой заранее можно инструментом 1.01.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (полигоны)	-	Слой не изменяется
Поле, значения которого записать по обе стороны, *необязательный*	-	Значение поля у каждого соседа попадёт в атрибуты линии
Отклонение при поиске общих вершин	0.000001	Узлы достраиваются перед разбором, вершины при этом не двигаются. Ноль отключает
Точность опознания общих вершин	0.000001	
Границы	-	Выходной слой линий

2.03 Топологическая модель покрытия

Раскладывает покрытие на узлы и дуги. Слой не изменяется, на выходе два новых - точки узлов и линии дуг.

Что это такое. Та самая модель, что была в ArcInfo coverage. Полигон описывается не своей границей, а ссылками на дуги. Дуга хранится один раз и знает, что лежит слева и справа. Правка дуги меняет обоих соседей сразу, поэтому границам просто негде разойтись.

Узлы несут степень, то есть количество сходящихся дуг. Степень 1 это висячий конец, 2 псевдоузел, который можно убрать слиянием дуг, 3 и больше настоящее ветвление, где сходятся три и более объекта.

Дуги несут номера узлов начала и конца и идентификаторы обоих соседей. Для края покрытия второй сосед равен минус единице.

Чем отличается от 2.02. Инструмент 2.02 выдаёт границы для оформления. Это линии с признаком того, с чем они граничат. Здесь помимо линий выдаются узлы со степенью, и дуги привязаны к ним номерами. Это модель для разбора связности, а не для стилизации.

На слое зон 341 объект дал 566 узлов и 899 дуг, из них 708 между объектами. На кадастровом слое из 4234 объектов вышло 7499 узлов и 10869 дуг, среди узлов нашлось 1006 псевдоузлов и 4 висячих.

Параметры

Параметр	Умолчание	Что задаёт
Входной слой (полигоны)	-	Слой не изменяется
Отклонение при поиске общих вершин	0.000001	Узлы достраиваются перед разбором, вершины не двигаются
Точность опознания общих вершин	0.000001	
Узлы	-	Выходной слой точек
Дуги	-	Выходной слой линий

Что решено по общим границам

Случай	Результат
У соседа есть вершина на общей границе, у нас нет	Узел вставляется, координаты не смещаются

Случай	Результат
Т-образный стык трёх полигонов	Узел появляется у того, у кого его не было
Четыре полигона сходятся в углу с разбросом меньше допуска	Все углы сводятся в одну точку
Угол заходит за границу соседа меньше допуска	Вершины сводятся, перехлёст исчезает
Рёбра пересекаются крест-накрест без общих вершин	Узлы ставятся в точках пересечения
Наклонная граница уже совпадает	Ничего не меняется, ложных узлов нет
Нестыковка больше допуска	Не трогается, это содержательный случай

Отметки Z

При сшивке вершина берёт плановые координаты лидера и оставляет собственную отметку, поэтому пласты с разными Z не перемешиваются.

В инструменте очистки операции пересечения работают в плане, поэтому Z восстанавливается по ближайшей исходной вершине. Для покрытий это корректно. Для слоёв с резкими перепадами отметок вдоль границы результат следует проверить.

Предупреждения в отчёте

Суммарная площадь изменилась более чем на процент. Почти всегда означает завышенный порог площади. Уменьшите его и повторите.

Вырожденных колец удалено. Допуск больше размера самих объектов. Уменьшите допуск.

Объектов исчезло. Объект целиком ушёл при исправлении. Найдите его в слое оставшихся проблем по типу `lost` и разберите вручную.

Исправлений отменено из-за потери площади. Сработала защита. Правка некорректной геометрии отнимала больше четверти площади. Объект оставлен без изменений.

Некорректных геометрий стало больше. Допуск слишком велик для этих данных.

Заливка результата обратно в MSSQL

Порядок, проверенный на слое зон.

1. Бэкап. Одной строкой в SSMS или в окне SQL менеджера БД:

```
SELECT * INTO dbo.Zones_backup_ГГГГММДД FROM dbo.Zones;
```

Правка живой таблицы откатывается только из бэкапа, поэтому шаг обязателен.

2. Замена через буфер правки. Открыть целевой слой на редактирование, выделить все объекты и удалить, затем вставить объекты из очищенного слоя. Атрибуты сопоставляются по именам полей, поэтому имена менять нельзя.

3. Проверка до сохранения. Открыть таблицу атрибутов и убедиться, что ключевое поле заполнено исходными значениями, а не пустое. Ограничение здесь одно. Если ключ является колонкой IDENTITY, сервер может отказаться принимать явные значения либо раздать свои, и

тогда порвутся внешние связи. Видно это сразу при сохранении.

4. Если сервер отверг явные значения IDENTITY. Откатить правку и идти через временную таблицу с обновлением по ключу:

```
UPDATE z SET z.geom = s.geom.MakeValid()
FROM dbo.Zones z JOIN dbo.Zones_snap s ON z.zone_id = s.zone_id;
```

5. Контроль на сервере.

```
SELECT COUNT(*) FROM dbo.Zones WHERE geom.STIsValid() = 0;
```

Должен быть ноль.

Про MakeValid. SQL Server строже GEOS. Геометрия, корректная в QGIS, может не пройти на сервере, чаще всего из-за точечных самокасаний колец. Инструмент очистки предупреждает об этом отдельной строкой в отчёте. Если предупреждение появилось, применяйте `MakeValid()` на стороне сервера.

Ограничения

Щели ищутся как дыры в объединении покрытия. Зазор, выходящий на внешний край покрытия, дырой не является и этим способом не находится. Такие зазоры закрывает сшивка вершин, если их ширина меньше допуска.

Слой читается в память целиком. Замеры сделаны на кадастровом слое из 11 866 объектов, 15 700 колец и 726 тысяч вершин.

Инструмент	Время
1.01 Проверка топологии, допуск 2	48 с
1.06 Вставка недостающих узлов	84 с
2.01 Топологическое упрощение, допуск 5	7 с
2.03 Топологическая модель покрытия	96 с

Слой муниципальных районов из 9.35 млн вершин проходит очистку 1.03 за 13 минут при пике памяти 3.7 ГБ. От миллиона вершин инструменты 1.03, 1.04, 1.05 и 1.06 пишут в журнал оценку памяти и времени перед сшивкой. Оценка взята из этого замера. Время зависит от процессора. К памяти прогона добавляется память самого QGIS и слоёв проекта. Если журнал предупреждает о нехватке памяти, прогон можно отменить, закрыть другие программы и проекты либо разрезать слой на части.

Величина координат влияет на точность. В системах, где координаты измеряются миллионами метров, вроде Web Mercator, формат двойной точности разрешает около нанометра. Ребро между вершинами существует как формула, и знак определителя при проверке стороны вычисляется из разностей больших чисел, где старшие цифры сокращаются. Отсюда берутся перекрытия площадью в десятки квадратных микрон. У них нет ширины, только длина. Инструмент относит их к мусору, потому что оценивает перекрытие шириной. В местной системе с шестизначными координатами такого шума на порядок меньше.

Для линий есть свои проверка 1.02 и очистка 1.04. Кроме них линии принимают сшивка 1.05, вставка узлов 1.06, контроль сборки 1.07 и упрощение 2.01.

Автоматика не знает, какая из двух спорящих границ верна. Она различает только масштаб. Сантиметровый нахлёст является погрешностью, гектарный является разногласием между источниками. Поэтому крупные перекрытия и щели остаются человеку всегда.

Справочник полей выходных слоёв

Имена полей латинские и короткие, потому что по ним пишут выражения и фильтры. У каждого поля есть псевдоним на языке интерфейса. Он виден как подпись столбца в таблице атрибутов и в форме объекта, а в выражениях по-прежнему работает имя поля из таблиц ниже.

Если результат записан в GeoPackage, подписи уходят в сам файл. Такой слой показывает их и в другом проекте, и у другого человека. Записывается язык интерфейса на момент прогона. Остальные форматы второго имени поля не хранят, там подпись живёт только в проекте.

Измеренные величины округляются до четырёх значащих цифр. Округление идёт по значащим цифрам, а не по знакам после запятой. Поэтому площадь в микроны не превращается в ноль, а длина в тысячи метров не несёт знаков, которых в исходных данных нет. Количества не округляются вовсе.

Слой находок

Выдают инструменты **1.01**, **1.02**, **1.07**, а также очистка в слое оставшихся проблем. Геометрия точечная. Точка стоит там, где найдено нарушение.

Поле	Тип	Что содержит
`num`	целое	Сквозной номер находки. Совпадает с номером в отчёте списком
`type`	строка	Код нарушения: `overlap`, `gap`, `on_edge`, `dangle` и прочие. Удобно фильтровать
`label`	строка	То же на языке интерфейса, для чтения человеком
`severity`	строка	`auto` - мусор, инструмент очистки исправит сам. `review` - решает человек
`fid_a`	целое	Идентификатор объекта. Для парных нарушений - первый из пары
`fid_b`	целое	Второй объект пары, либо -1 если нарушение относится к одному объекту
`value`	вещественное	Измеренная величина: площадь перекрытия или щели, расстояние до соседней линии, количество снятых вершин. Смысл зависит от типа
`note`	строка	Пояснение с измеренной величиной: чем этот случай отличается от соседнего того же типа
`grp`	строка	Ключ группы, если задано поле группировки

Отчёт списком. Инструмент 1.01 может выгрузить находки текстовым файлом: номер, что не так, у каких объектов, где именно. Номер совпадает с полем `num` в слое, поэтому по списку место ищется на карте, а по идентификатору объекта в исходных данных. Список удобно передать тому, кто данные готовил.

Как стилизовать. Правило по `severity` рисует `review` красным и крупнее, `auto` мелким серым. Тогда рабочий список виден сразу.

Слой точек правок

Выдаёт инструмент **1.05**.

Поле	Тип	Что содержит
`kind`	строка	`move` - вершина сдвинута, `insert` - вставлен узел
`dist`	вещественное	Величина смещения. Для вставленного узла ноль
`ring`	целое	Номер кольца, к которому относится правка

Слой вставленных узлов

Выдаёт инструмент **1.06**.

Поле	Тип	Что содержит
`kind`	строка	`insert` - узел на ребре, `cross` - узел в точке пересечения рёбер
`dist`	вещественное	Отклонение вершины от ребра. Обычно ноль

Слой узлов

Выдаёт инструмент **2.03**.

Поле	Тип	Что содержит
`node_id`	целое	Номер узла, на него ссылаются дуги
`degree`	целое	Сколько дуг сходится в узле
`kind`	строка	Висячий при степени 1, псевдоузел при 2, ветвление при 3 и больше

Слой дуг

Выдаёт инструмент **2.03**.

Поле	Тип	Что содержит
`arc_id`	целое	Номер дуги
`from_node`	целое	Узел начала
`to_node`	целое	Узел конца
`left_fid`	целое	Объект слева от дуги по её направлению
`right_fid`	целое	Объект справа, либо -1 для края покрытия
`length`	вещественное	Длина дуги

Слой границ

Выдаёт инструмент **2.02**. Геометрия линейная, каждая линия идёт от узла до узла.

Поле	Тип	Что содержит
`kind`	строка	`shared` - граница между двумя объектами, `outer` - внешний край покрытия, `hole` - край полости
`label`	строка	То же на языке интерфейса
`fid_a`	целое	Идентификатор объекта по одну сторону

Поле	Тип	Что содержит
`fid_b`	целое	По другую сторону. Для внешнего края и края полости -1
`length`	вещественное	Длина участка
`val_a`	строка	Значение выбранного поля у первого соседа. Только если поле задано
`val_b`	строка	То же у второго соседа. Для внешнего края пусто

Как стилизовать. Правило по `kind` рисует внешний край толще, границы между объектами тоньше, край полости пунктиром. Для геологических границ - правило по паре `val_a` и `val_b`. Граница между конкретными пластами получает свой стиль.

Очищенный и сшитый слои

Атрибуты исходного слоя сохраняются полностью. Добавленных полей нет. Геометрия очищенного слоя всегда составного типа. Исправление может разделить объект на несколько частей.

Спутники

Три плагина решают соседние задачи и работают вместе.

- **Isoliner** - кригинг, изолинии и контурные полигоны, гидрология рельефа, разрезы по скважинам. Исходники
- **Isoliner3D** - автономный трёхмерный просмотр поверхностей, тел пластов, скважин и полиэдров, подсчёт запасов по блочной модели. Исходники

Изолинии и границы, построенные в Isoliner, приводятся в порядок Topoliner, а результат смотрится в Isoliner3D.

Проверка кода

Геометрическая логика вынесена из QGIS в отдельные модули и покрыта тестами:

```
cd topoliner
python -m unittest discover -s tests -v
```

QGIS для тестов не нужен. Проверки перекрытий и щелей тестируются на Shapely, который использует тот же GEOS, что и QGIS.