



UMCS
UNIwersytet Marii Curie-Skłodowskiej

UNIwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki

Kierunek: **Informatyka**

Specjalność: –

Viktar Zhdanovich

Nr albumu: 300187

Projekt i implementacja interfejsu graficznego SAT-solvera

Design and implementation of a SAT-solver graphical interface

Praca licencjacka

napisana w Katedrze Systemów Inteligentnych

pod kierunkiem dr Jacka Krzaczkowskiego

Lublin 2023

Spis treści

Wstęp	3
1 Informacje wstępne	4
1.1 CNF	4
1.2 Problem spełnialności	4
1.3 SAT-solver	5
1.4 Format DIMACS CNF	5
1.5 Cel i zakres pracy	6
2 Projekt	7
2.1 Analiza wymagań / Definicja funkcjonalności	7
2.2 Prototypowanie interfejsu	8
2.3 Wybór narzędzi	8
2.3.1 PySAT	8
2.3.2 FastAPI	9
2.3.3 React	10
2.4 Architektura aplikacji	10
3 Implementacja	12
3.1 Implementacja edytora	12
3.2 Implementacja sprawdzarki	12
3.3 implementacja części 3	13
3.4 implementacja części 4	14
3.5 Optymalizacje	14
Podsumowanie	16
Bibliografia	17

Wstęp

Graficzny interfejs użytkownika (ang. graphical user interface, **GUI**) jest typem interfejsu za pomocą którego użytkownik wchodzi w interakcję z komputerem, programem. Dobrze przemyślony, wygodny, niezawodny, pomagający użytkownikowi interfejs napewno poszerza grono użytkowników aplikacji, co może m.in. dobrze wpłynąć na rozwój biznesu lub sukces twórcy. Wyobraźmy, na przykład, co by było gdyby systemy operacyjne nie miały interfejsów graficznych? Brak interfejsu bardzo podwyższa poziom przygotowania dla korzystania z takiej / takiego aplikacji / programu. Interfejsy, w większości, robią skomplikowane programy dostępnymi dla wielu ludzi. Niskopoziomowe staje się wysokopoziomowym. Interfejsy graficzne są bardzo ważną częścią każdej aplikacji. Często patrząc tylko na wizualny wygląd już nie chce z niej korzystać. To jest źle, dla niektórych użytkowników to może być bardzo krytyczne i oni pójdą szukać inne rozwiązania, szkoda, bo ze względu na funkcjonalność aplikacja może być bardzo bogata. Dlatego jest bardzo ważne dbać o to, żeby aplikacja była nie tylko funkcjonalna, ale i nie było lagów, była atrakcyjna, wygodna, dostępna.

Rozdział 1

Informacje wstępne

1.1 CNF

Definicja 1 (CNF). Koniunkcyjna postać normalna (ang. conjunctive normal form) danej formuły logicznej to równoważna jej formuła zapisana w postaci koniunkcji klauzul. Klauzula jest zbiorem literalów połączonych alternatywą. Literalem nazywamy pojedynczą zmienną zdaniową lub pojedynczą zanegowaną zmienną zdaniową. Zmienna zdaniowa to zmienna która może przyjmować wartość *true* lub *false*

Przykład klauzuli:

$$(x \vee y \vee z).$$

Przykłady literalów:

$$p, q, \neg p$$

Definicja formalna. Formuła ψ jest w koniunkcyjnej postaci normalnej jeśli jest ona koniunkcją klauzul, z których każda jest alternatywą *literalów*, tzn. ma następującą postać:

$$(p_{11} \vee p_{12} \vee \dots \vee p_{1k_1}) \wedge (p_{21} \vee p_{22} \vee \dots \vee p_{2k_2}) \wedge \dots \wedge (p_{n1} \vee p_{n2} \vee \dots \vee p_{nk_n})$$

gdzie każde p_{ij} jest literalem.

Każdą formułę logiczną można przedstawić w postaci CNF / Każde wyrażenie logiczne ma koniunkcyjną postać normalną.

Dla jednej formuły logicznej może istnieć kilka równoważnych jej formuł w CNF.

1.2 Problem spełnialności

Problem spełnialności jest ważnym problemem algorytmicznym dla teorii złożoności obliczeniowej. Wejściem problemu jest formuła logiczna w postaci CNF. Problem polega na znalezieniu podstawienia / wartościowania, tzn. wartości wszystkich zmiennych zdaniowych, takich, kiedy formuła staje się prawdziwa. Formuła, która posiada takie wartościowanie nazywamy formułą *spełnialną* / *satisfiable* / *SAT*, a która nie, odpowiednio *niespełnialna* / *unsatisfiable* / *UNSAT*.

Na przykład, formuła

$$(x_1 \vee \neg x_3) \wedge (x_2 \vee x_3 \vee \neg x_1)$$

jest spełnialna, dlatego, że istnieje wartościowanie które ją spełnia, np.:

$$x_1 = false, x_2 = false, x_3 = false$$

Problem SAT jest pierwszym problemem którego NP-zupełność wykazano, to jest **Twierdzenie Cooka-Levina**.

1.3 SAT-solver

SAT-solver jest programem mający na celu rozwiązanie problemu spełnialności. Na wejściu program przyjmuje formułę w postaci CNF, a na wyjściu zwraca odpowiedź, czy podana formuła jest lub nie jest spełnialna. Często, SAT-solvery zwracają nie tylko informację o spełnialności, ale też przykładowe wartościowanie, jeśli formuła była spełnialna, lub minimalny zbiór niespełnialnych klauzul, jeśli formuła była niespełnialna. Zwrócone wartościowanie w razie spełnialności można wykorzystać dla znalezienia kolejnych wartościowań, gdzie algorytm jest następujący:

1. otrzymujemy przykładowe wartościowanie
2. negujemy to wartościowanie
3. tworzymy z tych literałów nową klauzulę
4. dodajemy nową klauzulę do formuły pierwotnej
5. ponownie uruchamiamy SAT-solver

Żeby znaleźć wszystkie wartościowania powtarzamy powyższe kroki dopóki SAT-solver nie zwróci UNSAT.

Since the introduction of algorithms for SAT in the 1960s, modern SAT solvers have grown into complex software artifacts involving a large number of heuristics and program optimizations to work efficiently.

SAT-solvery są szeroko stosowane w różnych dziedzinach: sztucznej inteligencji, kryptografii, problemach optymalizacji.

The success of SAT-solvers has also led to the development of specialized variants and extensions. Some examples include weighted and partial SAT-solvers, which handle optimization variants of the problem, and incremental SAT-solvers, which efficiently solve related SAT instances by leveraging previously learned information.

Their ability to handle large and complex problem instances has made them indispensable in various domains.

1.4 Format DIMACS CNF

DIMACS CNF to format tekstowy reprezentujący formułę w koniunkcyjnej postaci normalnej. Pliki z formułami mogą być w dowolnym formacie tekstowym, ale najczęściej stosują się *.cnf lub *.txt. Żeby sukcesywnie zakodować formułę do tego formatu trzeba pilnować kilka reguł:

1. linie zaczynające się od znaku *c* przedstawiają komentarze
2. linia zaczynająca się od znaku *p* jest definicją formuły i wygląda następująco: *p cnf l k*. Gdzie *l* i *k* są liczbami dodatnimi. *l* reprezentuje liczbę zmiennych formuły, a *k* reprezentuje liczbę klauzul formuły.
3. klauzule są umieszczane dokładnie po definicji formuły. Każda klauzula jest zakodowana jako sekwencja liczb dziesiętnych odseparowanymi spacjami.
4. każda linia zawiera dokładnie jedną klauzulę i ma kończyć się symbolem 0.
5. zostawianie pustych linii w formule nie jest dozwolone

Niepilnowanie tych reguł może doprowadzić do błędnych wyników lub w ogóle do unieruchomienia SAT-solvera.

Na przykład formuła w CNF

$$(x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4) \wedge (\neg x_1 \vee x_2) \wedge (x_3 \vee x_4 \vee \neg x_1) \wedge (x_2 \vee x_3 \vee \neg x_1)$$

może być zakodowana w DIMACS CNF jako:

```
p cnf 4 4
1 2 3 4 0
-1 2 0
3 4 -1 0
2 3 -1 0
```

1.5 Cel i zakres pracy

Celem pracy jest stworzenie wygodnego, atrakcyjnego i dostępnego dla wszystkich interfejsu graficznego nawet dla takiego bardzo specyficznego i skomplikowanego programu jak SAT-solver. Dostępność zapewnimy tworząc aplikację webową dlatego, że nie wymaga od użytkownika żadnych niepotrzebnych instalacji, działa prawie wszędzie i *out of the box*, potrzebny jest tylko internet. Wygodność zapewnimy przemyślnym interfejsem, który będzie mówił sam za siebie i w razie problemów pomagał użytkownikowi w ich rozwiązaniu za pomocą odpowiednich komunikatów i sugestii. W pracy zostanie omówiony proces projektu, oraz implementacji niektórych, najbardziej interesujących części aplikacji. Frontend będzie stworzony za pomocą biblioteki **React**, a backend za pomocą biblioteki **FastAPI**, z zainstalowanej na nim biblioteki **PySAT**, która daje możliwość korzystać z wielu zaimplementowanych SAT-solverów.

Rozdział 2

Projekt

2.1 Analiza wymagań / Definicja funkcjonalności

Wygląd aplikacji mocno zależy od tego, jak zdefiniujemy funkcjonalności, więc:

- parsowanie formuły z pliku w formacie DIMACS CNF do CNF
- możliwość edycji formuły w postaci CNF
- wyświetlanie w wygodny sposób formuł w postaci CNF (dzielenie dużych formuł na strony; wyświetlanie tylko odpowiedniej ilości klauzul na jednej stronie)
- formuła w postaci CNF dostaje możliwość edycji, czyli można: modyfikować, usuwać, dodawać klauzule
- kiedy zmienia się formuła w postaci CNF, zmienia się jednocześnie formuła w DIMACS CNF w edytorze
- wczytywanie formuł z pliku
- zapisywanie formuły w formacie DIMACS CNF do pliku
- wyświetlanie w wygodny sposób dużych wartościowań spełniających formułę
- poprawianie automatyczne formuły (na końcach linii są dopisywane zera, liczby zmiennych i klauzul w nagłówku są poprawiane na odpowiednie, puste linie są usuwane, niepoprawne klauzule są usuwane)
- wyświetlanie ilości znalezionych rozwiązań
- zapisywanie pojedynczego wartościowania w postaci “binarnej”
- możliwość znalezienia i wyświetlenia pojedynczego wartościowania spełniającego formułę
- możliwość znalezienia i wyświetlenia wszystkich wartościowań spełniających
- usuwanie zduplikowanych klauzul z formuły
- możliwość łączenia dwóch formuł w jedną, co z kolei daje możliwość łączenia dowolnej ilości formuł

- edytor DIMACSów: sprawdzanie poprawności edytowanych plików
- edytor DIMACSów: wskazywanie błędów. Kody błędów z opisem 0 -> ('no empty lines allowed'), 1 -> ('invalid formula definition'), 2 -> ('clause must end with 0'), 3 -> ('invalid clause'), 4 -> ('formula was already defined in line formulaDefinition-Row.current'), 5 -> ('Wrong variable value: varError => range[1..rangeInDef]')
- edytor DIMACSów: edytor, w razie błędów w formule, daje użytkownikowi indywidualne do każdego błędu sugestie do poprawienia

2.2 Prototypowanie interfejsu

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2.3 Wybór narzędzi

2.3.1 PySAT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna

fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2.3.2 FastAPI

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus.

Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2.3.3 React

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2.4 Architektura aplikacj

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a

nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Rozdział 3

Implementacja

3.1 Implementacja edytora

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

3.2 Implementacja sprawdzarki

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

3.3 implementacja części 3

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend

at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

3.4 implementacja części 4

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

3.5 Optymalizacje

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Podsumowanie

Ja chcę, żeby mój program stał się początkiem tworzenia interfejsów graficznych dla różnych rodzajów SAT-solverów. Ze względu na brak takich programów. W mojej pracy dotknąłem tylko małą część, dużo rzeczy można jeszcze do tego dodać.

Będę [2] zawsze otwarty na takie propozycje na GitHubie. Chciałbym, żeby [1] studenci naszej uczelni w [1] swoich pracach licencjackich lub [3] nawet magisterskich [4] kontynuowali rozwijanie i polepszenie mojego programu.

Bibliografia

- [1] Paul Adrien Maurice Dirac. *The Principles of Quantum Mechanics*. International series of monographs on physics. Clarendon Press, 1981. ISBN: 9780198520115.
- [2] Albert Einstein. “Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (German) [On the electrodynamics of moving bodies]”. In: *Annalen der Physik* 322.10 (1905), pp. 891–921. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/andp.19053221004>.
- [3] Donald Knuth. *Knuth: Computers and Typesetting*. URL: <http://www-cs-faculty.stanford.edu/~uno/abcde.html>. (accessed: 01.09.2016).
- [4] Donald E. Knuth. “Fundamental Algorithms”. In: Addison-Wesley, 1973. Chap. 1.2.