

Szegedi Tudományegyetem
Informatikai Intézet

**TypeScript támogatás megvalósítása ipari
JavaScript elemző szoftverhez**

Szakdolgozat

Készítette:

Baga Csaba

programtervező informatikus BSc
szakos hallgató

Témavezető:

Dr. Antal Gábor

Tudományos munkatárs

Szeged

2023

Feladatkiírás

A hallgató feladata az SourceMeter statikus forráskód elemző eszközkészlet bővítése TypeScript nyelv támogatással, és egyéb, általános bővítések fejlesztése, melyekkel javít a program karbantarthatóságán. Mivel a bővítendő eszközkészlet programjai közös sémára épülnek, több program módosítása lesz szükséges különböző programozási nyelvekben. A megoldás opcionálisan bővíthető egyéb, témához illő vagy megvalósítást segítő ötletekkel.

Tartalmi összefoglaló

A téma megnevezése:

SourceMeter Javascript forráskód elemző szoftvercsomag kiegészítése TypeScript nyelv támogatásával, egyéb tesztelési bővítésekkel.

A megadott feladat megfogalmazása:

A feladat folyamán implementálni kell a SourceMeter adott eszközeibe TypeScript elemzésre vonatkozó különböző bővítéseket létrehozni, emellett a tesztelési folyamat kiegészítése új tesztesetekkel, célpontokkal.

A megoldási mód:

Az eszközök által használt nyelvi séma bővítése és az érintett szoftverekben új funkciók létrehozása, módosítások implementálása szükséges a feladat végrehajtására.

Alkalmazott eszközök, módszerek:

Fejlesztés során forráskód módosításra Visual Studio Code, forráskód fordításhoz Windows rendszereken Visual Studio 2017, Linux rendszereken Unix Makefiles volt használva. Séma módosítására Visual Paradigm volt szükséges. Tesztelések végbevitelére lokális rendszeren a fordításhoz használt eszközök, központi szervergépen pedig Jenkins voltak használva.

Elért eredmények:

A szoftvercsomag sikeresen tud elemezni TypeScript nyelven írt kódbázisokat. Tesztelés folyamata a SourceMeter különböző szoftvercsaládjainak egyes eszközeire meg lettek szabva, tesztelési folyamat időigénye csökkent.

Kulcsszavak:

JavaScript, TypeScript, Statikus kódelemzés, AST, ASG, C, CMake, Python

Tartalomjegyzék

Feladatkiírás	1
Tartalmi összefoglaló	2
Tartalomjegyzék	3
1. Bevezetés	5
2. SourceMeter szoftvercsalád	6
3. Előre tervezett változtatások	9
4. Szoftvercsomag bővítése	11
4.1. Megoszthatatlan Feladatok	11
4.2. ESLintRunner bővítése TypeScript támogatáshoz	12
4.2.1. ESLintRunner bevezető	12
4.2.2. Megtett lépések az új nyelv támogatásához	13
4.2.3. Elért eredmények ESLintRunnerben	20
4.3. JSAN	20
4.3.1. JSAN bevezető	20
4.3.2. SchemaGenerator bővítése sablonkód generálással	21
4.3.3. Generált fájlok átmásolása	25
4.4. JSCG bővítése	26
4.4.1. JSCG bevezetés, hiba felvázolása	26
4.4.2. Bővítés, hibajavítás lépései	26
5. Tesztelés	30
5.1. Változtatások tesztelésének folyamata, új tesztek felvétele	30

5.2. Regressziós tesztek módosítása	31
6. Elért eredmények	35
6.1. Eddigi sikeres bővítések	35
6.2. Jövőbeli tervek	35
Nyilatkozat	36
Irodalomjegyzék	37

1. fejezet

Bevezetés

A szakdolgozatom célja egy forráskód elemző eszközkészlet, névlegesen a SourceMeter bővítése volt, melynek az Analyzer-Javascript alrészébe TypeScript [8][6][3][2] nyelv elemzésének implementálása volt a fő célja. Mivel ez a szoftvercsomag sok, kisebb programból áll össze, melyek egymásra épülnek, az új nyelv teljeskörű támogatásához több alprogramban kellett változtatásokat hozni. Emellett szükséges volt arra is figyelni hogy a meglévő JavaScript támogatás is megmaradjon.

A SourceMeter eszközkészleten belül több szoftvercsomag található, melyek segítségével különböző nyelvek statikus elemzését lehet végezni. Ezek közül a csomagok közül a SourceMeter for JavaScript csomagnak adott programjain végeztem módosításokat, többek között a JavaScript elemzőn (JavaScript Analyzer, továbbiakban JSAN) és az ESLintRunner nevű programon.

Ezen bővítések mellett egyéb, működést, karbantarthatóságot és használhatóságot befolyásoló változtatást valósítottam meg, melyeknek köszönhetően az említett programok karbantarthatósága javult, csökkent az eszközkészlet teszteléséhez szükséges idő.

Az eszközkészlet bővítése egyszerre több ember által volt végezve. Mivel a módosított szoftvercsomag alprogramjai egymásra épülnek, fontos volt a csapatmunka és folyamatos, effektív kommunikálás hogy a fejlesztés sikeresen és hatékonyan haladhasson. Néhány helyen a munkafolyamatok során átfedések, és feloszthatatlan feladatokat volt szükséges elvégezni.

2. fejezet

SourceMeter szoftvercsalád

A SourceMeter eszközkészlet statikus forráskód elemző szoftvercsomag, mely különböző nyelvek elemzéséhez tartalmaz elemző és detektáló szoftvereket. Ezen eszközök segítségével a támogatott nyelvekben írt projektekben többek között gyengepontokat és kódolási szabálysértéseket mutat ki egy egységes, nyelvfüggetlen módon.

A SourceMeter statikusan elemzi a bemenetként kapott projekteket. Statikus elemzés során a vizsgált kódbázis futtatás nélkül van vizsgálva szintaktikai és szemantikai szempontból. A szintaxis elemzés az alkalmazás forráskódjának felépítését és szintaxisát vizsgálja, hogy érvényes-e a programozási nyelv szabályai szerint. A szemantikus elemzés azonban a kód mögötti logikát vizsgálja, hogy az megfelel-e az adott feladatnak és az elvárásoknak.

Az eszközkészlet eredetileg C++ nyelv elemzésére volt alkalmas [7], de manapság számos más nyelv elemzésére alkalmas. A különböző szoftvercsomagok többek között a C, C++, Java, RPG, és a JavaScript nyelvekben írt projektek kódbázisának mély elemzését támogatja. Kódbázis elemzés elvégzéséhez előre összeállított sémák alapján a bemenetként kapott projekt elemeiből többek között Absztrakt Szintaxis Fát (AST) állít elő, melynek feldolgozása során különböző metrikákat számol ki, például logikai kódsorok száma (LLOC, avagy Logical Lines Of Code), kód beágyazások mélysége (NL, avagy Nesting Level), vagy megjegyzések sűrűsége (CD, avagy Comment Density) [9]. Ezek mellett kódolási szabálysértések és duplikált kódsorok detektálására is alkalmas az eszközkészlet adott szoftverjei.

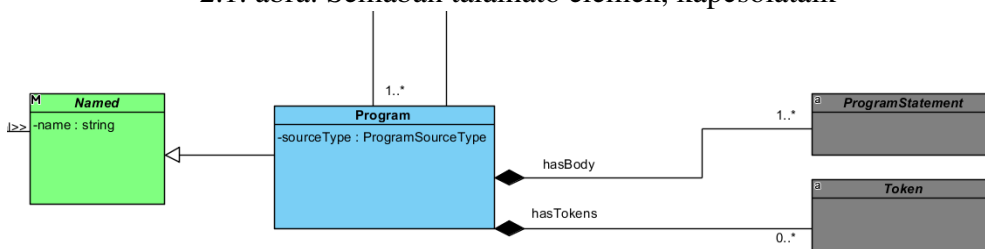
A SourceMetert eszközkészletet egy másik forráskód elemző eszközben, a Sonar

Qube-on belül is használhatjuk bővítményként. A SourceMeter és a SonarQube közötti integráció lehetővé teszi a fejlesztők számára, hogy a SourceMeter eredményeit a SonarQube-ba exportálják, melynek köszönhetően könnyen összehasonlíthatóak az elemzési eredmények. Az integráció lehetővé teszi a fejlesztők számára, hogy a SonarQube felületén keresztül megjelenítse és kezelje a SourceMeter eredményeit, és hogy integrálják az elemző eszközöket a fejlesztési folyamatukba.

A SonarQube-on kívül a QualityGate nevű szoftver is felhasználja a SourceMeter szoftvercsomagjait [1]. A QualityGate a SourceMeter által készített metrikákat és jelentéseket használja az alkalmazás minőségének és biztonságának értékeléséhez, és automatikusan jelzi a fejlesztőknek, ha az alkalmazás nem felel meg a meghatározott küszöbértékeknek. Ez segíti a fejlesztőket abban, hogy gyorsan és hatékonyan javítsák az alkalmazásukat, és biztosítják, hogy az megfelelő minőségű és biztonságos legyen.

Mindegyik szoftvercsomaghoz tartozik az elemzett nyelv alapján egy előre elkészített séma, mely egy Absztrakt Szemantikus Gráfot, másnéven ASG-t tartalmaz. Az elemzés lépései során ezek alapján végzik feladataikat a csomag programjai. Ezek lehetnek Absztrakt Szintaxis Fa, avagy AST felépítése, metrikák számolása, kódolási szabálysértések keresésére és ezek mindegyikének felhasználása duplikált kódszegmensek detektálására. Ezen sémák az elemzett nyelvnek nyelvtanának és szemantikájának megfelelő szerkezetét tartalmazzák, melyekben a csomópontok adott nyelvtani elemeket, az élek pedig az elemek közötti kapcsolatot reprezentálják. Egy példa erre a 2.1 ábrán látható:

2.1. ábra. Sémában található elemek, kapcsolataik



A SourceMeter szoftvercsomagjai a mély elemzés különböző lépéseit több program használatával végzi el, melyek a folyamat során speciális feladatokat látnak el. A SourceMeter for JavaScript esetén az elemzés fő lépéseit 14 program végzi el, melyek mellett a szoftvercsomag előkészítéséhez fordítás során egyéb segédprogramok is fel vannak hasz-

nálva. Ezek közül szakdolgozatom feladata során az alább említett programokban lesznek bővítések és módosítások megvalósítva.

Az elemzés első lépésében a JSAN futtatásával az elemzendő projekt kódbázisából egy egyedi absztrakt szintaxisfát készít, mely többek között tartalmazza a projekt nyelvtani struktúráját és egyéb, függvényhívásokhoz tartozó információkat. Ezt későbbi lépések során metrikák számolására és duplikált kódszegmensek detektálására lehet felhasználni.

Az ESLintRunner program futtatásával a bemeneti kódbázisban különböző kódolási szabálysértéseket keres, melyek pontos helyét egy `.xml` formátumú fájlban összegzi. A detektált szabálysértéseket különálló szabályfájlok (későbbiekben `.rul.md` fájlok) használatával lehet megadni, melyek Markdown jelölőnyelven vannak megírva. Ezen fájl hiányában a program egy alapértelmezett, `.json` formátumban megadott szabályfájl használatával fogja az elemzést végrehajtani.

A JavaScript CallGraph (továbbiakban JSCG) az elemzett kódbázis alapján egy hívásgráfot (`callgraph`) állít elő. A hívásgráf (amelyet hívásmultigráfnak is neveznek) egy irányítási folyam-gráf, amely megjeleníti a részprogramok közötti hívási kapcsolatokat egy számítógépes programban. Minden csomópont egy eljárást képvisel, és minden él (`f`, `g`) jelzi, hogy az `f` eljárás hívja a `g` eljárást. Ez a gráf a JSAN által generált kimenetbe van beágyazva.

A SchemaGenerator egy segédprogram, mely a szoftvercsalád fordítása során az előre meghatározott sémákból előállított ASG fájlok alapján generál futtatáshoz szükséges állományokat. A SourceMeter for JavaScript fordítása esetében a JSAN futtatásához szükséges `javascriptAddon.node` fájl generálását végzi, mely segítségével az elemzett nyelvtani elemeket beágyazza 'burkoló csomagpontba', másnéven 'wrapper'-ekbe. A nyelvtani elemeket és a hozzájuk tartozó információkat a szoftvercsalád programjai ezeknek a wrappereknek segítségével tudják elérni és felhasználni. Ez a feladat során kibővül további fájlok generálásához szükséges funkciókkal.

3. fejezet

Előre tervezett változtatások

A TypeScript nyelv támogatásának megvalósításához a szoftvercsomag programjai közötti függőségek miatt több programban szükséges volt változtatásokat létrehozni. Működésbeli szempontok miatt külön séma létrehozása szükséges volt az új nyelvhez, mely tartalmazza visszamenőleg a JavaScript nyelv elemzéséhez szükséges elemeket. Az én feladatom része az ESLintRunner nevű programban az új nyelv támogatásának teljeskörű implementálása, JSAN és JSCG nevű programokban pedig meglévő támogatás bővítése.

Az ESLintRunner programon belül korábban csak JavaScript támogatás volt implementálva. Ennek bővítéséhez szükséges volt új "parser", avagy fordító bevezetése és a hozzá tartozó új szabályok implementálása volt szükséges.

JSAN-on belül a nyelv elemzéséhez használt, különálló feladatok automatikus legenerálását valósítottam meg, melynek segítségével könnyebben karbantarthatóbbá vált az eszköz.

JavaScriptCallGraph, avagy JSCG-n belül korábban nem támogatott nyelvi elemek elemzéséhez szükséges funkciókat implementáltam, mely a JSAN elemzési képességén javított. Ezek mellett egyéb, teszteléssel kapcsolatos változtatásokat volt szükséges implementálni.

Az eddigi feladatok mellett az ESLintRunner új funkcionalitásának tesztelésére új regressziós tesztek írása is szükséges volt.

A feladat elvégzéséhez Windows rendszeren volt a fejlesztési folyamat végezve Visual Studio Code használatával. A programokban elvégzett változtatások helyes működésének tesztelése Windows és Linux rendszereken volt végezve helyi és központi szervergépen.

TypeScript támogatás megvalósítása ipari JavaScript elemző szoftverhez

A fordítási folyamatok Windowson Visual Studio 2017 Build Tools használatával voltak végezve, míg Linuxon Unix Makefiles használatával.

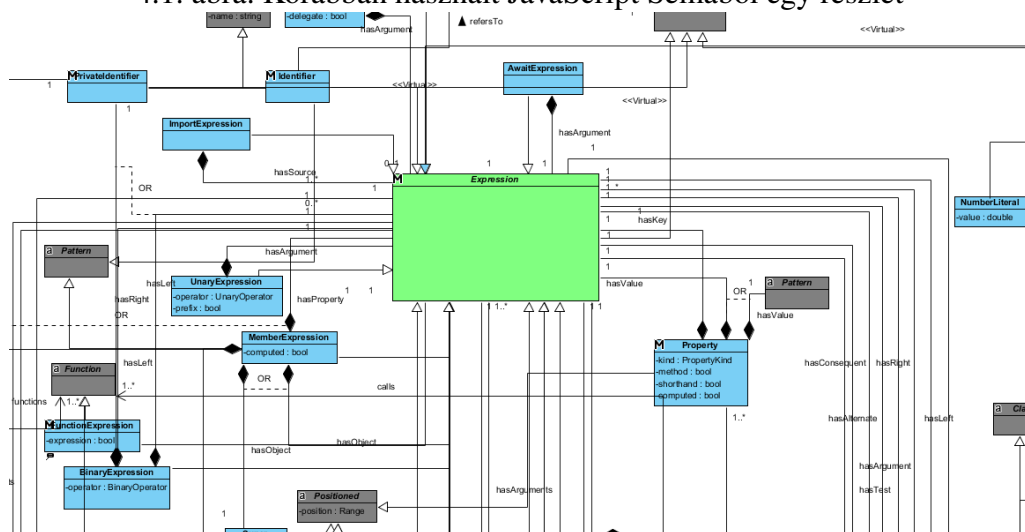
4. fejezet

Szoftvercsomag bővítése

4.1. Megoszthatatlan Feladatok

Mivel a SourceMeter eszközkészlet több nagyobb szoftvercsomagból áll, melyeknek csomagon belül, és néhány specifikus esetben csomagon kívül is adódnak függőségek a használt szoftverek között, néhány munkafolyamat oszthatatlannak minősült. Ezek a bővítési folyamatnak kezdeténél voltak jelentősek, mivel a SourceMeter által használt sémák nélkül nem lehet az elemzési folyamatot helyesen lefuttatni. A korábbi fejezetben említett sémák tartalmazzák az elemzéshez szükséges ASG felépítését, ennek módosítása létfontosságú volt a munkafolyamat folytatásához.

4.1. ábra. Korábban használt JavaScript Sémából egy részlet



Az új nyelv támogatásához a typescript-eslint által felvázolt AST [11] alapján hoztunk

létre egy új, szervezett formájú sémát. Bár a projektben szerepelt JavaScripthez tartozó séma, a kettő nyelv kompatibilitása ellenére számos eltérés volt jelen az eredeti, ESTree specifikáció [4] alapján készített és az új, TypeScriptet támogató séma között. Emellett naprakész dokumentáció nem állt rendelkezésre sem a meglévő sémához, sem teljesen új készítéséhez.

Annak érdekében hogy teljeskörű, lehetőleg hibamentes támogatást tudjunk létrehozni az új nyelvnek, egy teljesen új sémát hoztunk létre az új nyelv által használt AST alapján, miközben folyamatosan ellenőriztük a JavaScript kompatibilitást.

4.2. ESLintRunner bővítése TypeScript támogatáshoz

4.2.1. ESLintRunner bevezető

Az Analyzer-Javascript a forráskód elemzés egyik első lépéseként az ESLintRunner nevű programot futtatja le az elemzendő projekten. Ez a program kimutatja, hogy milyen, előre meghatározott kódolási szabálysértéseket ejtettek a fejlesztés során, és listázza ezen hibák pontos helyét hogy mely fájlokban fordulnak elő, sor és karakter pontosságra. Ezeket egy .xml formátumú fájlba helyezi a program futás után, melyre a 4.1-es ábrában szerepel példa.

```
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
2 <ESLintToGraph version='4.3'>
3   <file name='C:\\path\\to\\file\\test.ts'>
4     <error line='4' column='9' severity='warning' ruleId='no-↵
        console' nodeType='MemberExpression' message='Unexpected ↵
        console statement.' />
5     <error line='4' column='9' severity='warning' ruleId='no-↵
        undef' nodeType='Identifier' message=' &apos; console ↵
        apos; is not defined.' />
6     <error line='4' column='21' severity='warning' ruleId='↵
        @typescript-eslint/restrict-plus-operands' nodeType='↵
        BinaryExpression' message='Operands of &apos; + ↵
        operation must either be both strings or both numbers. ↵
        Consider using a template literal.' />
7   </file>
```

```
8 </ESLintToGraph>
```

Kódrészlet 4.1. ESLintRunner kimeneti fájl példa

Ez a program egy úgynevezett 'parser', avagy fordító segítségével tudja ezt a feladatát ellátni.

4.2.2. Megtett lépések az új nyelv támogatásához

Ahhoz, hogy TypeScript nyelv elemzésének a támogatását megvalósíthassam, ezen beállításokban megadtam a fordító opciónak ('parser' mező) az újonnan importált 'typescript-eslint' [10] csomagnak a fordító modulját, majd a bővítmények közé ('plugin' mező) a csomag 'eslint-plugin' modulját. A bővítmény megadása engedélyezi a programnak, hogy TypeScript nyelvhez kötődő, speciális szabálysértéseket detektálhasson és korábbi, JavaScriptes szabálysértéseket bővítsen ki új, opcionális információkkal.

Emellett helyes működés eléréséhez szükséges volt megadni az elemezhető fájlok kiterjesztését, melyet a felülbírálásoknál ('overrides' objektum) külön a 'files' és a beágyazott 'parser' mezőkben definiáltam. A mezők egyszerre tartalmazzák a JavaScript (.js és .jsx) és a TypeScript (.ts és .tsx) nyelvekhez tartozó kiterjesztéseket kompatibilitás megőrzése érdekében. Hiányában az alapértelmezett értékek töltődnek be futásidő során a fordítóhoz, mely nem kívánt működésben és eredményekben járulna. Az új fordító esetében azt jelentené, hogy csak TypeScript fájlok elemzése menne végbe.

```
1  const typeScriptOptions = {
2    ...
3    overrides: [
4      settings: {
5        ...
6        import: {
7          parsers: {
8            "@typescript-eslint/parser": ["*.ts", "*.tsx"↵
9            , "*.js", "*.jsx"],
10          }
11        },
12      ],
13    },
14    plugins: [
15      "@typescript-eslint/eslint-plugin",
```

```
13      ...
14    ],
15    parser: "@typescript-eslint/parser",
```

Kódrészlet 4.2. Elemző és bővítmény megadása

A beállításokhoz szükséges volt új mezők megadása is. A `parserOptions` mezőn belül szükséges futásidő során a `project` és a `tsConfigRootDir` beállítások megadása. A 'project' a TypeScript nyelvben írt projektek konfigurációs fájljainak (névlegesen `tsconfig.json`) tartalmazza az útvonalait. Ezek alapján tudja az ESLintRunner észlelni, hogy mely fájlokat szükséges elemezni a kódbázisból futásidő során. A 'tsConfigRootDir' mező segítségével megadhatjuk, hogy az előbb beállított konfigurációs fájlok közül melyik tartozik az elemzett projekt gyökérkönyvtárába, ami szükséges adott speciális kódolási szabálysértések helyes működéséhez.

```
1 parserOptions: {
2   ecmaFeatures: {
3     jsx: false
4   },
5   tsconfigRootDir: path.dirname(globals.getOption("inputList")[0]),
6   project: [],
7   rules: ""
8 },
```

Kódrészlet 4.3. Szabálysértések megadása .json állományban

Ahhoz, hogy ezen beállítások futásidő során helyesen be lehessen állítani, elemzés előtt kell átvizsgálni a programmal az elemzendő projektnek a mappaszerkezetét. Mivel formailag kötelező TypeScript projekteknek a gyökérkönyvtárban, így a 'tsConfigRootDir' mező beállítása megegyezik az elemzett projekt útvonalával. Konfigurációs fájlokból viszont egyszerre több is megadható, emiatt a mappaszerkezetben található összes ilyen fájl meg kell adnunk a 'project' mezőbe. A fordító ahhoz, hogy a felhasználók számára megfelelő elemzést biztosítson, csak azokat a fájlokat elemzi alapesetben, melyek a projekt konfigurációs fájljainak az 'include' mezőiben meg vannak adva. Emellett több kisebb hiba javítása is szükséges volt:

- Adott fájlok szűrését meg lehet határozni az 'exclude' mezőkben. Továbbá figyelni

kellett arra, hogy a konfigurációs fájlokat bővített formátumként kellett kezelni, azaz JSON5-ként. Ez konfiguráció olvasás folyamán megjelenő szintaktikai hibák javítása miatt volt szükséges.

- Mivel Linux és Windows operációs rendszereken is futtatható a SourceMeter, ezért adott útvonalakban az elválasztó jeleket általánosítani kellett. Linux rendszereken az útvonalakban a '\' jelek karakterfelszabadítást jelentenek, melyek miatt nem létező útvonalakat generálna futás közben a program.
- Ritka esetekben akadnak olyan hibák, hogy meglévő konfigurációs fájlok olyan további fájlokra mutatnak, melyek nem léteznek a mappaszerkezetben. Mivel az ilyen esetek hibás elemzési eredményeket generálnak, egy helyettesítő fájlt készítünk. Ez a fájl az elemzés futtatása után törlésre kerül.

4.2. ábra. Projekt konfiguráció beolvasás

```
for (let index in configPathsArray) {
  try {
    const options = JSON5.parse(fs.readFileSync(configPathsArray[index]).toString());
    //Checks if tsconfig has exclude parameter.
    if (options["exclude"] != undefined) {
      for (let i = 0; i < options["exclude"].length; i++) {
        typeScriptOptions["baseConfig"]["ignorePatterns"].push(options["exclude"][i]);
      }
    }
    //In case the tsconfig wants to extend from a non-existent file, we create an empty one.
    if (options["extends"] != undefined) {
      let extendedFile = path.join(path.dirname(configPathsArray[index]), options["extends"]);
      if (!fs.existsSync(extendedFile)) {
        fs.writeFileSync(extendedFile, "");
        filesToBeDeleted.push(extendedFile);
      }
    }
    typeScriptOptions["baseConfig"]["parserOptions"]["project"].push(configPathsArray[index].replace(/\\/g, '/'));
  } catch (e) {
    console.log(e);
  }
}
return;
```

Eddigi megvalósítás TypeScript nyelvű projektek elemzésére alkalmas, viszont JavaScript projektek és önálló fájlok elemzésére jelen helyzetben nem alkalmas. Ez abból adódik, hogy ezekben az esetekben nem tartozik az elemzendő kódbázishoz vagy fájlhoz konfigurációs fájl. A probléma megoldására ideiglenes fájlt generál a program (ez nem összetévesztendő a korábban említett ideiglenes konfigurációval, mely egy másik hiba javítására szolgál). Ez a fájl, melynek 'include' mezője tartalmazza projekt esetén a gyökérkönyvtártól számítva a mappaszerkezet összes, kiterjesztésnek megfelelő fájlt, melyek megegyeznek az eddig megadott kiterjesztésekkel a fordító beállításaiival. Önálló fájl esetén az 'include' mező csak az elemzett fájlt tartalmazza. Ilyen elemzések során az

ideiglenes konfigurációs fájl van egyedül megadva a 'tsConfigRootDir' mezőben. A fájl az elemzés lefutása után törlésre kerül. Ezzel a módszerrel a fordító alkalmas egyszerre TypeScript és JavaScript nyelven írt fájlok és projektek elemzésére.

4.3. ábra. Projekt ideiglenes konfiguráció készítése

```
const tempTsConfigPath = path.resolve(tempDir, "tsconfig.json");
globals.setTempTsConfigPath(tempTsConfigPath);

typescriptOptions["baseConfig"]["parserOptions"]["project"] = tempTsConfigPath;

if (globals.getOption(constants.MODULE_BASED_ANALYSIS)
    && globals.getOption('inputList').length === 1
    && fs.existsSync(globals.getOption('inputList')[0])) {
    if (path.extname(globals.getOption("inputList")[0]) === '.ts' || path.extname(globals.getOption("inputList")[0]) === '.js'
        || path.extname(globals.getOption("inputList")[0]) === '.tsx') { //in case a single file is being analyzed
        tsConfigContent["include"].push(resolvePathForTSConfig(globals.getOption("inputList")[0]));
    } else { //directory
        tsConfigContent["include"].push(resolvePathForTSConfig(globals.getOption("inputList")[0]) + '/*/*.ts');
        tsConfigContent["include"].push(resolvePathForTSConfig(globals.getOption("inputList")[0]) + '/*/*.tsx');
        tsConfigContent["include"].push(resolvePathForTSConfig(globals.getOption("inputList")[0]) + '/*/*.jsx');
        tsConfigContent["include"].push(resolvePathForTSConfig(globals.getOption("inputList")[0]) + '/*/*.js');
    }
} else {
    for (let index in globals.getOption("inputList")) { //mba is not enabled, analyzing lots of files
        tsConfigContent["include"].push(resolvePathForTSConfig(globals.getOption("inputList")[index]));
    }
}
```

Az ESLintRunner futtatásához szükséges használat előtt a programot és a hozzá tartozó modulokat egy önálló fájlba 'összetömöríteni' a webpack nevű szoftvercsomaggal. A program működése TypeScript nyelv támogatás implementálása előtt nem függött külső bővítményektől. Összetömörítés után futás közben az alapértelmezett, 'esprima' nevű fordítóval elemzett, mely az eddig használt modulokba beépítve volt. Az újonnan használt bővítmények használata miatt a program fordítója kényszerítve van külső útvonalak vizsgálatára. A program önmagára nem tud hivatkozni, mivel ezzel az alapértelmezett fordítót használná eddigi implementáció miatt, a modulokat tartalmazó mappát (node_modules nevű mappa) tömörítés során pedig nem másoljuk át a kimeneti útvonalra. Erre a probléma megoldására többek között a webpack beállításainak módosításával és alternatív kötegelő programok alkalmazásával próbálkoztam. A webpack alternatívák, melyek közé tartozik a Parcel, a Browserify és a Rollup.js, egyike sem volt alkalmas megoldás, mivel mindegyik hasonló, már webpack használata közben észlelt hibákat állított elő. Észrevehető, egyéb különbségeként a használatuk változó nehézsége és gyengébb teljesítményüknek köszönhetően a webpack beállítások módosítása maradt.

Webpack konfigurációban a modul importálások rezolválására használt 'álnevek' (alias) beállítása szolgálhatott volna megoldásul [12]. Ezzel meg lehetett adni adott moduloknak határozni, hogy milyen néven lehessen a programon belül importálni. Ismételt módon a for-

dító egyedi működésének köszönhetően ez nem használható megoldás, mert a felhasznált pluginokat csak név szerint adjuk meg konfigurációval, nem pedig import utasításokkal.

A végső megoldása ennek a hibának bár egyszerű, később változtatást igényel, amint a fordító program bővítmény kezelésén frissítenek. A program kötegelése során a generált fájl mellé a modulokat tartalmazó mappát is átmásolásra kerül. Ezt a szoftvercsomag fordítása során van elvégezve CMake parancs segítségével. Ennek köszönhetően futásidő folyamán a keresett modult megtalálja és hibamentesen tudja feladatát végezni. Ennek legfőbb hátránya, hogy a program által foglalt hely többszörösére nőtt. A kötegelési módszer változtatása eddigi tesztelések alapján futásidőn nem rontott.

```
1  add_custom_command (
2      OUTPUT ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/node_modules/${PROGRAM_NAME}
3      COMMAND ${CALL} npm install > ${CMAKE_CURRENT_BINARY_DIR}/${PROGRAM_NAME}-npm-install.log 2>&1
4      COMMAND ${CALL} npm run build -- --no-color -o ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/node_modules/${PROGRAM_NAME} > ${CMAKE_CURRENT_BINARY_DIR}/${PROGRAM_NAME}-npm-build.log 2>&1
5      COMMAND ${CMAKE_COMMAND} -E copy_directory ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/tmp_${PROGRAM_NAME}/node_modules/${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/node_modules/${PROGRAM_NAME}/node_modules/
6      ...
7  )
```

Kódrészlet 4.4. CMake parancs modul mappa másolására

Végül a TypeScript támogatás megvalósításához szükséges volt az új fordító által használt szabálysértések bevezetése a programba. Ehhez kettő különálló fájlt kellett megvalósítanom. A korábban említett .json kiterjesztésű szabály fájl és a '.rul.md' fájl között legfőbbképp formai eltérések vannak és különböző módon kell őket elkészíteni.

Az alapértelmezett szabály fájl (.json fájl) egy JavaScript objektumot tartalmazó fájl, melyben fel van sorolva a fordítóhoz tartozó összes szabály egy, vagy több hozzárendelt értékkel. A szabályokhoz minden esetben tartozik szám, mely meghatározza, hogy elemzés közben adott szabálysértést detektálni akarjuk-e, és milyen súlyosságot kí-

vánunk hozzá rendelni az elemzés eredményében. Ez az szám 0, 1 vagy 2 értéket vehet fel, 0 esetén átlépi, 1 esetén figyelmeztetésként (warningként), 2 esetén pedig hibaként észleli a program. A második érték, mely nem minden szabálynál található meg, bővebb információt tartalmaz arról hogy pontosan milyen fajtáját detektálja a program.

```
1 {  
2   "for-direction": 0,  
3   "getter-return": [ 0, { "allowImplicit": true } ],  
4   "no-await-in-loop": 0,  
5   "no-compare-neg-zero": 1,  
6   "no-cond-assign": [ 1, "except-parens" ],  
7   "no-console": [ 1, { "allow": [ "warn", "error" ] } ],  
8   "no-constant-condition": [ 1, { "checkLoops": true } ],  
9   "no-control-regex": 1,  
10  "no-debugger": 1,  
11  ...  
12 }
```

Kódrészlet 4.5. Szabálysértések megadása .json állományban

A másik szabály fájl (.rul.md) ugyan ezeket a szabályokat tartalmazza egy átláthatóbb formátumban. Ebben a fájlban a szabálysértésekhez a súlyosságukon kívül kulcsszavak és leírás is tartozik, melyek alapján a szoftvercsomag felhasználói személyre szabhatják az elemzést. Ennek a szabályfájlnak módosításához korábbi eszközkészlet verziókban egy több lépésből álló folyamat volt. Eredetileg '.rul' típusú állományokat használtak fel a szabálysértéseket vizsgáló programok. Ezeknek a módosítása során először a módosítandó szabályfájl '.md' állománnyá kellett konvertálni és a kellő módosításokat Markdown formátumban megírni a fájlban jelen lévő formai követelmények alapján. Ezután a módosított '.md' fájlt html állománnyá (HyperTextMarkupLanguage), majd vissza '.rul' állománnyá kellett visszaállítani külső segédprogramok használatával. Ez a folyamat a jelenlegi eszközkészlet verzión belül jelentősen rövidebb lett. Az új szabályokat a '.rul.md' állományban formai követelményeknek megfelelően, hosszas konvertálások nélkül lehet implementálni. A szabályokat h2-es fejlécekkel tagolva adjuk meg. Ezen fejléceknél adjuk meg a belső azonosítóját az adott szabálynak, majd alatta h4-es fejlécekkel felsorolva adjuk meg a szabály információit.

- Az 'OriginalId' mező tartalmazza az elemző által felismert szabály nevét.
- Az 'Enabled' és a 'Warning' mezők határozzák meg hogy észleljük-e az adott szabálysértéseket, hibaként vagy figyelmeztetésként.
- A 'HelpText' mező rövid leírást tartalmaz a szabálysértésről.
- A 'Tags' mező alatt címkéket lehet meghatározni, melyek alapján a szabálysértések kategorizálhatóak.
- Az 'OriginalId' mező tartalmazza az elemző által felismert szabály nevét.
- A 'Settings' mező alatt néhány szabálysértésnek, mint ahogy korábban az alapértelmezett fájlban meg kellett adni, további információkat is szükséges megadni.

Mivel nyelvre és eszközre szabottak a '.rul.md' fájlok, így csak a '/general/' címkénél szükséges szabályhoz illő értéket megadni, a '/language/' és a '/tool/' címkék megegyeznek. Emellett jelenleg minden szabálysértés, melyet a SourceMeter for JavaScript észlel, 'Settings' mező alatt 'Major', azaz fontos prioritású.

4.4. ábra. Szabálysértés megadása .md.rul fájlban

```
## ESLINT_TSKS
### Default
#### OriginalId=@typescript-eslint/keyword-spacing
#### Enabled=false
#### Warning=true
#### DisplayName=keyword-spacing
#### HelpText
  This rule extends the base eslint/keyword-spacing rule. This version adds support for generic type parameters on function calls.

### Tags
- /language/TypeScript
- /tool/ESLint
- /general/TS Stylistic Issues

### Settings
- Priority=Major
- _eslint_rule_["before": true, "after": true, "overrides": {} ]
```

A szabálysértések manuálisan lettek beillesztve, melyek megfelelnek az ESLintRunerben használt új parser dokumentációjában szereplő információknak. Az, hogy mely szabálysértések vannak engedélyezve elemzés során és szükség esetén ezeknek további részletei megbeszélés alapján voltak meghatározva.

4.2.3. Elért eredmények ESLintRunnerben

4.3. JSAN

4.3.1. JSAN bevezető

Az Analyzer-JavaScript másik alapozó programja a JSAN, avagy a JavaScript Analyzer. Ez a program, mint korábbi fejezetben említve, a bemenetként kapott projekt kódját átalakítja egy egyedi absztrakt szintaxisfávvá, melyet az elemzés későbbi lépéseiben használunk fel duplikált kódszegmensek keresésére és metrikák kiszámolására. Ennek a programnak a bővítése jelentősen egyszerűbb ESLintRunnerhez hasonlítva. Az eredeti kódban van egy nagy terjedelmű switch, melyben az elemzés során talált 'csomópontok' (továbbiakban node-ok) típusai vannak felsorolva. Minden felsorolt típushoz tartozik egy külön fájl, mely tartalmazza exportált funkció formájában, hogy a talált node esetén milyen eljárásokat kell elvégezni és milyen adatokat kell beállítani, például egy funkció hívása esetén többek között mi a hozzátartozó név, mik a paraméterei és mi a hozzátartozó kódrészlet.

4.5. ábra. Részlet a JSAN node elemzőjéből

```
let convertNodeToFunction = function (node) {  
  switch (node.type){  
    case "System":  
      return System;  
    case "Comment":  
      return Comment;  
    case "Program":  
      return Program;  
    case "JSXIdentifier":  
      return JSXIdentifier;  
    case "ImportDefaultSpecifier":  
      return ImportDefaultSpecifier;  
    case "ImportNamespaceSpecifier":  
      return ImportNamespaceSpecifier;  
    case "ImportSpecifier":  
      return ImportSpecifier;  
  }  
}
```

A program bővítéséhez ezt a switch-et szükséges bővíteni a TypeScript nyelvben található node-ok típusaival, és létre kell hozni ezen típusokhoz tartozó fájlokat. Ennek a feladatnak a manuális megvalósításával több probléma is fellép. A program karbantartósága és olvashatósága jelentősen csökken azzal, hogy több mint 100 új típust vezetünk be az elemzéshez használt switch-be, emellett az említett fájlok manuális megírása

vagy módosítása során több hibát is ejthet a fejlesztő, mely miatt a fejlesztési folyamat több időt igényelhet. Manuális fejlesztésre alternatív megoldásként a SourceMeter eszközkészletnek egy segédprogramját, a 'SchemaGenerator'-t olyan funkcióval bővítettem, mely segítségével a szoftvercsomag fordításánál automatikusan legenerálódik a szükséges switch és a hozzá tartozó fájlok.

4.3.2. SchemaGenerator bővítése sablonkód generálással

A korábban említett segédprogrammal, a SchemaGenerator-ral valósítottam meg az automatikus fájl generálást. A segédprogram bővítésének célja, hogy sikeresen lehessen generálni több száz node típushoz tartozó fájlt előre meghatározott sablon alapján és a node típusra vizsgáló switchet tartalmazó fájlt, importálásokkal együtt. A fejlesztés folyamatát fokozottan felgyorsította, hogy már korábban használt fájlok generálásához (például szoftvercsomagunk esetén a korábban említett javascriptAddon fájl) már előre meg voltak írva séma bejárására használt funkciók. SchemaGenerátoron belül található a 'traversalDescendantBFT()', 'traversalAllEdges()' és a 'traversalAllAttributes()' nevű funkciók. Ezeknek a funkcióknak segítségével lehet bejárni az adott sémákban definiált node típusokat, az ezekhez tartozó attribútumokat és éleket.

A switch generálása kettő lépésből áll. Először a generált fájlok importálását, majd a típusokat felsoroló switch-et kell legenerálni. Mivel ehhez csak a node-ok nevei szükségesek, a traversalDescendantBFT() funkció kétszeri hívásával ez a feladat egyszerű megoldással rendelkezik.

```
1 bool generateSwitchCase() {
2     debugMessage(0, "Generating AST switch...\n");
3     file = fopen("ASTSwitchCase.js", "w");
4     if (file == NULL) {
5         printf("Error opening file!\n");
6         return false;
7     }
8     getFileNamesForImports();
9     fprintf(file, "import {default as Literal} from \"../nodes/Literal↵
10     .js\";\n");
    fprintf(file, "\nlet convertNodeToFunction = function (node) {\n↵
```

```
);  
11     fprintf(file, "      switch (node.type){\n");  
12     getFilePathNamesForCases();  
13     ...
```

Kódrészlet 4.6. Absztrakt és speciális node szűrés

A kettő bejárás során közel azonos módon dolgozza fel a program az adatokat, mivel csak formailag más az adott node-hoz tartozó kód kiírása. Bár a két funkció összevonható lenne tartalmuk alapján, kód olvashatóság és későbbi továbbfejleszthetőség miatt külön vannak kezelve. Ezeken kívül adott dolgokat statikusan kiíratunk a generált fájlba, többek között a switch deklarációját, exportálását, és adott node típusokat a switch-en belül. Sémában definiált, egyedi működés miatt literálokat egy node típusként kezelünk ahelyett, hogy literál fajtánként külön node-okat veszünk fel. Emellett az AST ellenére, melyben a literálok különböző node-okat kaptak, elemzés során minden literál node 'LiteralExpression'-ként van észlelve, és ezt manuálisan szükséges lekezelni.

Node típusok között az AST-n belül találhatóak node párosok, melyek 'Computed' és 'NonComputed' végződésűek. Ezek a node típusok olyan kódolási elemeket foglalnak magukba, melyeknek a hivatkozásaik megadhatóak előre, fordítás előtt statikusan (Non-Computed), vagy fordítás során, futásidő közben (Computed) [CITATION HERE].

```
1 if (node->type.abstract && strcmp(node->name, "LiteralExpression") != 0) {  
    0) {  
2     return true;  
3 }  
4  
5 if (strstr(node->name, "NonComputedName") != NULL) {  
6     return true;  
7 }  
8 ...
```

Kódrészlet 4.7. Absztrakt és speciális node szűrés

Ezek a node-ok speciális módon vannak megkülönböztetve az AST-ben és a futásidő közben elemzett node-ok között. AST-ben ezek külön-külön bejegyzéseket kapnak azonos tulajdonságokkal, viszont egy ilyen tulajdonságuk név alapján kapnak értéket. A

node-ok tartalmaznak egy 'computed' mezőt, mely 'Computed' node-oknál igaz értéket kapnak, 'NonComputed' esetén pedig hamis értéket. Elemzés során viszont ezek a node-ok nincsenek névlegesen megkülönböztetve, de a 'computed' mező alapján különböző típusú node-nak számítanak. Emellett vannak absztrakt node-ok is meghatározva az AST-ben, melyek a sémában megjelennek mint node-ok, de elemzés során nem jelennek meg. Ezek a fájlgenerálás folyamán kihagyhatóak, kivéve a LiteralExpression, ami absztrakt létének ellenére szükséges, mint összefoglaló node a literál típusokra.

Ezek lekezelése könnyen elvégezhető azzal, hogy névre és adott tulajdonságokra szűrve kihagyunk adott node-ok generálását. Ebben az esetben kiszűri az absztrakt node-okat, melyeknek a neve nem 'LiteralExpression', majd azokat, melyeknek a neve tartalmazza a 'NonComputedName' szövegrészletet. Azért szűrünk kifejezetten NonComputedName-re, mert a node párosokból legalább az egyikre szükség van hogy helyesen lehessen legenerálni a switchet. Ezekben az esetekben a node nevének végéről a 'ComputedName' szövegrészletet levágódik és úgy illeszkedik be a fájllokba.

```
1 if ( strstr ( fileNameWithExtension , "ComputedName" ) ) subStrCopyFunc (←  
    fileNameWithExtension , fileNameWithExtension , strlen (←  
    fileNameWithExtension ) - strlen ( "ComputedName" ) );  
2 strcat ( fileNameWithExtension , ".js" );
```

Kódrészlet 4.8. Computed és NonComputed node-ok kezelése

Az egyes node-okhoz tartozó fájlok legenerálása sokkal több szűréssel és feltétellel jár. Bár legtöbb fájl azonos sablon alapján lesz felépítve, vannak speciális fájlok, mint a Program és a Literal, melyek statikusabb módon épülnek fel. Emellett a 'Computed' és 'NonComputed' node-oknak másképp kell megadni a wrapperjeiket, mivel a két fajta node, bár egyeznek (egy tulajdonság kivételével), mégis külön wrappert kapnak.

Switch generáláshoz hasonlóan itt is le kell szűrni az absztrakt és a NonComputed node-okat, az előző funkciókhoz hasonló módon. Adott, minden node esetén megjelenő tulajdonság kiírása után le kell generálnunk a first visit-be tartozó tulajdonságok settereit, és az él metódusok settereit. Ezt két külön funkcióval valósítottam meg, mindkettőnek paraméterként megadva a jelenlegi fájl generálásához felhasznált node. Ezekkel a funkciókkal bejárjuk az adott node-oknak a first visit attribútumait, és az edge settereit és, mint eddig nevek alapján tettük, tulajdonság nevekre és típusokra szűrve íratatom ki a

megfelelő settereket. First visit attribútumok esetén, mivel adott node-oknál más típusú attribútumok fordulhatnak elő, vagy szituációtól függően máshogy kell beállítani az attribútumokat, ezeket külön külön kiszűrjük futásidő folyamán.

```
1 if ((strcmp(currentNode->name, "↵
    TSAbstractMethodDefinitionComputedName") == 0 || strcmp(↵
currentNode->name, "TSMethodSignatureComputedName") == 0 || ↵
strcmp(currentNode->name, "MethodDefinitionComputedName") == 0) ↵
&& strcmp(lowerName, "kind") == 0) {
2     fprintf(f, "        if (node.%s != null) %s.set%s(conversions.↵
convertMethodDefinitionKind(node.%s));\n", lowerName, currentNode↵
->name, upperName, lowerName);
3 }
4 else if (strcmp(lowerName, "kind") == 0 || strcmp(lowerName, "↵
importKind") == 0 || strcmp(lowerName, "exportKind") == 0 || ↵
strcmp(lowerName, "accessibility") == 0) {
5     fprintf(f, "        if (node.%s != null) %s.set%s(conversions.↵
convertKinds(node.%s));\n", lowerName, currentNode->name, ↵
upperName, lowerName);
6 }
```

Kódrészlet 4.9. Attribútum szűrésről példa

Él setterek esetén csak két esetre szükséges figyelniük. Mivel minden él setter esetén más node-okat kapnak a legenerált funkciók, így típusra nem szükséges figyelniük (mivel ez már schemában le van kezelve), kizárólag a multiplicitást kell ellenőrizniük, azaz egy adott node tulajdonsághoz egy nodeot, vagy egy tömbnek a nodejait rendeljük.

```
1 if (edge->mult == 1) {
2     ...
3 } else {
4     ...
5 }
```

Kódrészlet 4.10. Él setterek fájlba írása

4.3.3. Generált fájlok átmásolása

Miután ezeket a lépéseket minden szükséges nodera elvégeztük, a program áttérhet a fájlok átmásolására megfelelő célmappába. A generált fájlok átmásolása a projekt fordítása folyamán történik meg. A fájlokat a korábban említett javascriptAddon mellé generáljuk egy mappában, mely struktúrálisan már elő van készítve másolásra, rendelkezik a megfelelő mappaszerkezettel. Korábbi fordításpl során ha a JSAN-t akartuk lefordítani, a SchemaGenerátor automatikusan meg volt hívva javascriptAddon generálására és megfelelő helyre másolására, így az új fájlokat is ehhez a folyamathoz rendeltem. A programhoz tartozó CMakeList-ben adtam meg utasításként a másolási parancsot. Emellett figyeltem arra, hogy a fájlok generálásához szükséges parancsok azután vannak meghívva, amikor az addon fájl, és ezzel együtt az újonnan létrehozott fájlok generálása végbe ment. Az alább látható ábrán `-copy_directory` CMake parancs használatával volt ez megvalósítva.

```
1 add_custom_command (
2     OUTPUT ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/node_modules/${PROGRAM_NAME}
3     COMMAND ${CMAKE_COMMAND} -E copy ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/↵
4         javascriptAddon.node ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/tmp_${↵
5         PROGRAM_NAME}/
6     COMMAND ${CMAKE_COMMAND} -E copy_directory ${↵
7         EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/../lib/javascript/addon/ast ${↵
8         EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/tmp_${PROGRAM_NAME}/src/ast/
9     COMMAND ${CALL} npm install ${MSVS_VERSION} > ${↵
10         CMAKE_CURRENT_BINARY_DIR}/${PROGRAM_NAME}-npm-install.log ↵
11         2>&1
12     COMMAND ${CALL} npm run build -- --no-color -o ${↵
13         EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/node_modules/${PROGRAM_NAME} > ${↵
14         CMAKE_CURRENT_BINARY_DIR}/${PROGRAM_NAME}-npm-build.log 2>&1
15     WORKING_DIRECTORY ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/tmp_${PROGRAM_NAME}
16     DEPENDS javascriptAddon ${EXECUTABLE_OUTPUT_PATH}/tmp_${↵
17         PROGRAM_NAME}
18     COMMENT "Rebuilding ${PROGRAM_NAME}"
19 )
```

Kódrészlet 4.11. JSAN Cmake utasítások

Ezzel a bővítéssel jelentősen elő lettek segítve a JSAN jövőbeli fejlesztései. Jelen-
tősebb AST változtatások esetén nem lesz szükséges az összes node manuális átnézése
és ellenőrzése, hanem csak adott sablonokon kell néhány sorral bővíteni vagy módosí-
tani, mely drasztikusan felgyorsítja a folyamatot. Automatikus generálás esetén olyan
problémákat is elkerülhetünk, melyek emberi figyelmetlenségből erjednek, például hibás
változó deklarációk, melyek könnyen előfordulhatnak többszáz fájl módosítása esetén.
Emellett fejlesztés során pár kisebb hibát is észrevettem az AST-ben, melyek javításra
kerültek.

4.4. JSCG bővítése

4.4.1. JSCG bevezetés, hiba felvázolása

A JSCG, mint korábban említve volt, JSAN által van használva hívásgráf előállításá-
ra, melyet a szoftvercsomag későbbi eszközei használnak fel például különböző metri-
kák számolására. A program futtatása JSAN-on belül történik meg, közvetlen miután az
elemzett projekthez tartozó kódbázisnak a fájljai alapján elkészült az AST. Ezeket para-
méterként átadja a JSAN a JSCG-nek és meghatározza, hogy milyen stratégiával készítse
el a hívásgráfot. Jelenleg 'NONE', 'ONESHOT' és 'DEMAND' stratégiák használata
áll rendelkezésre, melyek közül a 'ONESHOT' van felhasználva. A stratégiák közötti
különbség az intepcedurális (eszközjelzási) áramlat követésében különbözik. Nevé-
nek megfelelően a 'NONE' stratégia ezt nem követi, míg a ONESHOT csak az azonnal
meghívott egyszeri lezárások esetében teszi meg. JavaScript esetében szükséges volt a
hívásgráfok legenerálása a nyelv dinamikusága miatt[5]. Ez TypeScript projekteknel is
szükséges, mivel JavaScript nyelv bővítésére szolgál.

4.4.2. Bővítés, hibajavítás lépései

A program már rendelkezett kezdetleges TypeScript támogatással, viszont jelentős
mennyiségű node lekezelésre nem volt meghatározva működés. Ezen kívül specifikus
TypeScript nyelvtani tényezők észlelése esetén hibába futott a program, mivel eddigi
implementáció alapján érvénytelen adatot olvasott be. Ezek a változtatások, JSAN-hoz

hasonló módon az új typescript-eslint elemző által használt AST specifikáció alapján lett megvalósítva.

Az előző programok bővítése és folyamatos tesztelések során a JSAN futtatása közben a JSCG által kimutatott hibák alapján voltak meghatározva hogy mely node típusoknál volt szükség változtatásra vagy új működés definiálására. Három fő változtatást kellett megvalósítani:

- `PrivateIdentifier` észlelés `Identifier` helyén, melyek osztályokban metódus és változó definiálásoknál találhatók
- `Computed` mezők helyes detektálása osztályokon belül
- `TSEmptyBodyFunctionExpression` helyes bekötése

A három közül a `TSEmptyBodyFunctionExpression` helyes bekötése volt az első amit megvalósítottam. A program több helyen node típusra szűrve végez el adott utasításokat. Ezen szűrések között voltak olyanok, melyek adott funkció típusokra volt érvényes, ezeket kiszerveztem külön funkcióba és hozzáillesztettem az új típust. A funkció típusok és azok kezelése azonos módon történik AST specifikáció alapján, így ezeknél elegendő volt az új típus ilyen módú beillesztése.

```
1 function isFunction(nd) {  
2     return nd.type === 'FunctionDeclaration' ||  
3         nd.type === 'FunctionExpression' ||  
4         nd.type === 'ArrowFunctionExpression'  
5         nd.type === 'ArrowFunctionExpression' ||  
6         nd.type === 'TSEmptyBodyFunctionExpression'  
7 }
```

Kódrészlet 4.12. Funkció típus szűrő

`PrivateIdentifier` esetén hasonló módosításokat hoztam létre, ahol `Identifier` node típust vizsgált a program, helyettesítettem funkcióval, mely `PrivateIdentifier` és `Identifier` típusokra szűrt.

```
1 function isIdentifier(ndType) {  
2     return ndType === 'Identifier' ||
```

```
3     ndType === 'PrivateIdentifier'  
4 }
```

Kódrészlet 4.13. Identifier típus szűrő

Computed mezők teljes körű támogatásának bevezetése működésükből adódóan nem teljesen volt implementálható. Ezek a mezők TypeScriptben osztályokban, interfészekben és objektumokban találhatóak, és olyan célt szolgálnak, mellyel futásidő során az említett objektumokhoz dinamikusan nevekkal adhatunk meg metódusokat. Kapcsos zárójeleken belül primitív típusok (szöveg, szám) megadása és ezek között elvégezhető műveletek mellett változókat is megadhatunk, melyeknek értékei lesznek felhasználva a metódus nevének meghatározására.

```
1 module.exports = {  
2     ['foobar3'] () {  
3         return 'fizz';  
4     },  
5 };
```

Kódrészlet 4.14. Computed mező példa

Ebből adódóan pontos bekötéseket a hívásgráfba nem lehet létrehozni, mivel a projekt futtatása nélkül pontos név megadása ezeknek a mezőknek nem lehetséges. FunctionExpression típusú nodeok esetén, melyek Property típusú nodeból származnak (azaz a korábban említett objektumok valamelyikének egyik metódusaként van deklarálva), adott esetekre definiáltam ideiglenes működést.

Három gyakori esetre szűrtem le működést. Amikor primitív adattípusokkal, vagy azok között valamilyen művelettel volt megadva érték, akkor az említett node-oknak az értékeit állítottam be mint azonosító. Emellett olyan esetben, amikor változó volt érték-ként megadva, a változó nevét adtam meg azonosítóként.

```
1 if (parent.key) {  
2     if (parent.key.left && parent.key.right) {  
3         nd.id = {  
4             type: 'Identifier',  
5             name: parent.key.left.value + parent.key.right.value,  
6             range: parent.key.range,
```

```
7         loc: parent.key.loc
8     }
9 }
10 ...
```

Kódrészlet 4.15. Azonosító beállítás példa

Változtatások után a a kódon belül érintett dokumentációkat felfrissítettem megfelelő külső hivatkozásokkal és AST referenciákkal. Emellett új teszteseteket is létrehoztam helyes működés ellenőrzésére.

5. fejezet

Tesztelés

5.1. Változtatások tesztelésének folyamata, új tesztek felvétele

A SourceMeter eszközkészlet szoftverjeinek a működését regressziós teszteléssel (röviden regtest) ellenőrizzük. Ez egy olyan tesztelési módszer, amely a változásokat követően újból elvégzi az alkalmazás korábbi tesztjeit annak érdekében, hogy megbizonyosodjon arról, hogy a változtatások nem okoztak olyan hibákat, amelyek hatással lehetnek az alkalmazás teljesítményére. A célja az, hogy könnyen ellenőrizhető legyen a korábban működő szoftverek új funkciók implementálása után is, és hogy az új funkciók, amelyeket hozzáadtak az alkalmazáshoz, nem okoznak olyan hibákat, amelyek negatívan befolyásolják az alkalmazás teljesítményét. Ezenkívül az alkalmazás megbízhatóságának növeléséhez és a hibák korai észleléséhez. A regressziós teszteket Pythonban megírt szkriptek segítségével futtatjuk le, melyek korábbi verzióban a SourceMeter szoftvercsomagjainak eszközeinek mindegyikéhez nyelv alapján rendelt egy-egy összefoglaló tesztet. Ezen összefoglaló tesztek a különböző eszközök számára tartalmaz nagy mennyiségben teszt eseteket, melyek mindegyikének sikeresen kell lefutnia, hogy a programokban végbevitt fejlesztések el legyenek fogadva.

A tesztek eredményeit korábban, helyesen lefutott tesztek eredményeihez hasonlítjuk futtatás után, és a fennakadó különbségeket feltüntetjük '.diff' kiterjesztésű fájlokban. Ennek előnye, és egyben hátránya, hogy minden eltérésről értesül a fejlesztő tesztelés so-

rán, súlyosságtól függetlenül. Az eredmények vizsgálata során a fejlesztőnek kötelessége eldönteni, hogy a kimutatott eltérések ténylegesen hibák vagy hamis pozitívak.

5.1. ábra. Példa .diff fájl

```
+++ output\snowflakes\javascript\result\snowflakes.xml
@@ -6227,9 +6227,11 @@
    <attribute type = "int" name = "LLDC" context = "metric" value = "0"/>
    <attribute type = "int" name = "LDC" context = "metric" value = "0"/>
    <attribute type = "string" name = "CLC" context = "metric" value = "_INVALID_" />
+   <attribute type = "int" name = "ESLINT_NUN" context = "metric" value = "5"/>
+   <attribute type = "int" name = "Variables" context = "metricgroup" value = "5"/>
    <attribute type = "int" name = "WarningBlocker" context = "metric" value = "0"/>
    <attribute type = "int" name = "WarningCritical" context = "metric" value = "0"/>
-   <attribute type = "int" name = "WarningMajor" context = "metric" value = "0"/>
+   <attribute type = "int" name = "WarningMajor" context = "metric" value = "5"/>
    <attribute type = "int" name = "WarningMinor" context = "metric" value = "0"/>
    <attribute type = "int" name = "WarningInfo" context = "metric" value = "72"/>
    <attribute type = "int" name = "CD_warning_Function" context = "metric" value = "22"/>
@@ -6283,6 +6285,8 @@
```

Ezek a tesztek minden implementált változtatás után futtatva vannak, lokális számítógépen és Jenkins használatával központi szerveren. A Jenkins egy nyílt forráskódú, Java alapú, folytonos integrációs (Continuous Integration, avagy CI) és folytonos szállítási (Continuous Delivery, avagy CD) eszköz, amely lehetővé teszi a szoftvertervezők számára, hogy hatékonyan és automatizáltan integrálják, teszteljék és kézbesítsék az alkalmazásaikat. Ez alapvetően egy központi szerveren van futtatva, amely képes összekapcsolni és koordinálni a különböző forrásokat és eszközöket, például verziókezelő rendszereket, építőrendszereket és tesztelő keretrendszereket.

5.2. Regressziós tesztek módosítása

Ezeknek a statikus teszteknek volt egy olyan hiányossága, mely munkavégzés során nagyon sok időbe telt és jelentős frusztrációt okozott. A program elemzői adott nyelvekre csak egy fordítási célponttal (build targettel) rendelkeztek. Ez azt jelentette, hogy ha például egy adott részét akarnánk ellenőrizni a szoftvercsomagunknak, például csak az ESLintRunnert, ahhoz a teljes SourceMeter-JavaScriptet kellett tesztelnünk, mert célpont nem volt definiálva. Ezeknek során azon kívül hogy "feleslegesen" teszteltük a programot fejlesztés során, jelentősen sok időbe telt az egyes futtatások végbemenetele, alkalmanként akár több órába is. Emellett olyan esetekben, amikor saját eszközön teszteltem, a build folyamat erőforrásigénye modern rendszereket is le tud terhelni annyira, hogy használhatatlan legyen a teszt buildelése és futtatása során, megállítva a fejlesztési folya-

matot. Megoldásként az SourceMeter összes támogatott nyelvének összes programjához létrehoztam külön-külön tesztelési célpontokat, melyek során csak az adott teszthez szükséges alprogramokat és függőségeket fordultak le.

```
1 create_run_regtest_target(javascript_all AN-JavaScript GenealogyTool)
2 create_run_regtest_target(javascript_jsan jsan_virtual_target)
3 create_run_regtest_target(javascript_jsan2lim jsan_virtual_target ↵
    JSAN2Lim)
4 create_run_regtest_target(javascript_eslintrunner ↵
    eslintrunner_virtual_target ESLint2Graph)
5 create_run_regtest_target(javascript_eslint2graph jsan_virtual_target↵
    JSAN2Lim eslintrunner_virtual_target ESLint2Graph GraphDump)
6 create_run_regtest_target(javascript_duplicatedcodefinder AN↵
    JavaScript GenealogyTool)
7 ...
```

Kódrészlet 5.1. CMake célpontok JavaScript teszteléshez

Első lépésként a teszteléshez tartozó CMakeList fájlban kellett módosításokat hozni. Új célpontok létrehozása önmagában egyszerű, mert már definiált funkciók segítségével lehet létrehozni. A nehezebb része ennek a lépésnek az adott programokhoz tartozó függőségek kikeresése és hozzáadása az adott célpontokhoz. Legtöbb esetben ez egyszerű volt, mivel adott programokhoz név alapján volt rendelve CMake target, míg másoknál meg némi eltéréssel, de követhető módon. JSAN esetén például "jsan_virtual_target" volt megadva, azt jelezve, hogy nem kizárólag a JSAN volt csak fordítva ennek meghívásával, hanem egyszerre több minden, melyek szükségesek voltak helyes működéshez. Ezek kikutatása a meglévő tesztek alapján könnyen elvégezhető volt, tesztek során használt programok alapján rendeltem hozzá az adott függőségeket a célpontokhoz. Emellett adott nyelvek esetén, mint Java vagy C++, egyéb függőségek megadása is szükséges volt. Mivel a programokhoz nem volt kellő dokumentáció, mely részletezné a kellő függőségeket sikeres fordításhoz, ezek kikutatásához a fordítás során megjelenő hibák alapján adtam meg a különböző célpontokhoz a szükséges modulokat.

Ezután az új teszteseteket a tesztek futtató python szkripten belül is definiálni kellett. Ennek a lépésnek nagy része tömbök létrehozásából és argumentumokhoz új választható lehetőségek felvételéből állt. A tömbök a különböző, futtatandó tesztek tartalmazta,

melyek közül a "_all" utótaggal rendelkezők tartalmazták az adott nyelvnek összes tesztét, míg a többi, melyek program nevekkkel voltak ellátva, csak az adott program tesztjét futtatta.

5.2. ábra. JavaScript regressziós tesztjeit tartalmazó objektumok

```
],  
'javascript_jsan': [JSANTest],  
'javascript_jsan2lim': [JSAN2LimTest],  
'javascript_eslintrunner': [ESLintRunnerTest],  
'javascript_eslint2graph': [ESLint2GraphTest],  
'javascript_duplicatedcodefinder': [DuplicatedCodeFinderJavaScriptTest],  
'javascript_lim2metrics': [LIM2MetricsJSTest],  
'javascript_lim2patterns': [LIM2PatternsJavaScriptTest],  
'javascript_sourcemeter': [SourceMeterJavaScriptTest],  
'javascript_changetracker': [ChangeTrackerJavaScriptTest],  
'javascript_all': [  
    JSANTest,  
    JSAN2LimTest,  
    ESLintRunnerTest,  
    ESLint2GraphTest,  
    DuplicatedCodeFinderJavaScriptTest,  
    LIM2MetricsJSTest,  
    LIM2PatternsJavaScriptTest,  
    SourceMeterJavaScriptTest,  
    ChangeTrackerJavaScriptTest  
]
```

Adott helyeken még szükséges volt módosítani ahhoz, hogy akadásmentesen futtasanak a tesztek. Java tesztek esetén ellenőrizni kellett a "JAVA_HOME" környezeti változóra, hiszen hiányában ezek a tesztek nem futnak le. Emellett Python teszteknel futásidőben ellenőrzi a program dinamikusan, hogy megfelelő verzióval rendelkezünk-e, mivel futásidő közben telepíti a teszt az elemzéshez szükséges "pylint" szoftvert. Ezek ellenőrzéséhez létrehoztam külön tömböket, melyek tartalmazzák a nyelvekhez tartozó teszteket szöveg formátumban, mivel a paraméterként kapott teszteket is ilyen formátumban kezeljük. A teszteket, amiket megadhatunk paraméterként, hozzáadtam a megfelelő argumentumhoz. Mivel nem akartam hogy egy hosszú sor, vagy egy nagy, nehezen olvasható szövegblokk legyen, nyelvenként csoportosítva, tagolva adtam meg ezeket.

Ezek után a módosítások után még fennállt egy probléma. Minden teszt futtatása esetén (Regtest_all futtatása) minden teszt kétszer futott le. A teszteknek a tömbjei egy 'all_tests' nevű szótárban (dictionaryben) vannak megadva. Tesztek futtatása során ellenőrizzük hogy adott nyelvhez tartozik-e az éppen iterált teszt, ha nem, akkor kihagyjuk annak futtatását. Mivel a tesztek külön-külön meg voltak adva a programokra és nyelvekre, így alapesetben minden teszt kétszer futott volna le. Ennek megoldására legegyszerűbb módszer a duplikált tesztek törlése volt abban az esetben, ha 'Regtest_all' futtatása volt a feladat, azaz minden, nyelvhez tartozó összetett tesztet töröltünk az 'all_tests'-ből.

```
1 if LANG == "all":  
2     del all_tests['cpp_all']  
3     del all_tests['csharp_all']  
4     del all_tests['java_all']  
5     del all_tests['javascript_all']  
6     del all_tests['rpg_all']  
7     del all_tests['python_all']
```

Kódrészlet 5.2. CMake célpontok JavaScript teszteléshez

6. fejezet

Elért eredmények

6.1. Eddigi sikeres bővítések

Szakedolgozatom során sikeresen bővült a SourceMeter for Javascript szoftvercsomag TypeScript nyelvi támogatással.

Az ESLintRunner program az új fordító használatával alkalmas JavaScript és TypeScript projekten belül eddig használt és újonnan bevezetett szabálysértések észlelésére is.

Karbantarthatóság szempontjából javítottam JSAN-on, jelentősebb séma felépítés változtatások esetén is többek között kisebb kódszegmensek módosítása lesz szükséges.

A tesztelési folyamatok szoftvercsomagok és önálló szoftverek tesztelésére is alkalmasak lettek.

6.2. Jövőbeli tervek

A szakdolgozatomban érintett nyelvek és azoknak elemzésére használt eszközök folyamatosan változnak, melyből kifolyólag nem naprakész a projekt. Fejlesztés során a használt elemző [10] is több verziófrissítésben részesült, melyeknek változtatásait a bővítés folyamán próbáltam implementálni. Feladataim során jelentős tudásra tettem szert a szoftvercsomag működéséről, melynek köszönhetően jövőbeli bővítési feladatokat sokkal gyorsabban el tudom végezni.

Nyilatkozat

Alulírott Baga Csaba programtervező informatikus BSc szakos hallgató, kijelentem, hogy a dolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem, Informatikai Intézet Szoftverfejlesztés Tanszékén készítettem, programtervező informatikus BSc diploma megszerzése érdekében.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon korábban nem védtem meg, saját munkám eredménye, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök, stb.) használtam fel.

Tudomásul veszem, hogy szakdolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet könyvtárában, a helyben olvasható könyvek között helyezik el.

Szeged, 2023. május 12.

.....
aláírás

Irodalomjegyzék

- [1] Tibor Bakota, Petér Hegedűs, István Siket, Gergely Ladányi, and Rudolf Ferenc. Qualitygate sourceaudit: A tool for assessing the technical quality of software. In *2014 Software Evolution Week - IEEE Conference on Software Maintenance, Reengineering, and Reverse Engineering (CSMR-WCRE)*, pages 440–445, 2014.
- [2] Gavin Bierman, Martín Abadi, and Mads Torgersen. Understanding typescript. In Richard Jones, editor, *ECOOP 2014 – Object-Oriented Programming*, pages 257–281, Berlin, Heidelberg, 2014. Springer Berlin Heidelberg.
- [3] B. Cherny. *Programming TypeScript: Making Your JavaScript Applications Scale*. O’Reilly Media, 2019.
- [4] The ESTree Spec. <https://github.com/estree/estree>. Utolsó hozzáférés:.
- [5] Asger Feldthaus, Max Schäfer, Manu Sridharan, Julian Dolby, and Frank Tip. Efficient construction of approximate call graphs for javascript ide services. In *2013 35th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, pages 752–761. IEEE, 2013.
- [6] S. Fenton. *Pro TypeScript: Application-Scale JavaScript Development*. Apress, 2017.
- [7] R. Ferenc, A. Beszedes, M. Tarkiainen, and T. Gyimothy. Columbus - reverse engineering tool and schema for c++. In *International Conference on Software Maintenance, 2002. Proceedings.*, pages 172–181, 2002.

- [8] C. Nance. *TypeScript Essentials*. Community experience distilled. Packt Publishing, 2014.
- [9] István Siket, Árpád Beszédes, and John Taylor. Differences in the definition and calculation of the loc metric in free tools. *Dept. Softw. Eng., Univ. Szeged, Szeged, Hungary, Tech. Rep. TR-2014-001*, 2014.
- [10] typescript-eslint - The tooling that enables ESLint and Prettier to support TypeScript. <https://typescript-eslint.io/>. Utolsó hozzáférés:.
- [11] typescript-eslint AST specification. <https://github.com/typescript-eslint/typescript-eslint/tree/main/packages/ast-spec>. Utolsó hozzáférés:.
- [12] Module resolution using webpack. <https://webpack.js.org/configuration/resolve/>. Utolsó hozzáférés:.