

30 Jahre Projekt „Invention Machine“

V. Tsourikov, Minsk

TRIZ Summit 2019 in Minsk

Original: 30 лет проекту «Изобретающая машина»¹. Proceedings of the TRIZ Developers Summit, June 13–15, 2019, Minsk, Belarus. Übersetzt von Hans-Gert Gräbe, Leipzig.

Zusammenfassung

Der Bericht diskutiert die Entwicklung des Invention Machine Projekts von der Idee des „Computers als intelligenter Assistent des Erfinders“ zum Konzept des „Computers als realer Erfinder, als ebenbürtiger kreativer Partner des Menschen“. Anstelle von Hilfestellungen in Form von Effekten oder Zugängen erzeugt das intellektuelle System Erfindungen auf dem Bildschirm.

Schlüsselwörter: Generative Inventions, automatisch generierte Erfindungen, True Machina²

1 Lem, Turing und ein Programm für Minsk-22

Unmittelbar nach dem Eintritt in das Fachgebiet Computertechnik des Minsker radiotechnischen Instituts hatte ich das Glück, Lems „summa technologiae“ zu lesen und das Konzept der universellen Turingmaschine kennenzulernen. Die grenzenlosen Möglichkeiten der kybernetischen Welt Lems und die unglaubliche Schönheit von Turings abstrakter Mathematik bildeten zusammen eine explosive Mischung, die mich stark bewegten. Ein Computer kann alles! Es blieb, ein würdiges Thema für meine eigenen Forschungen in der künstlichen Intelligenz zu finden. Den Computer in einen Erfinder verwandeln – klang verrückt, aber spannend.

1.1 Der kombinatorische Synthetisator

Als Diplomprojekt sollte ein Digital-Analog-Wandler entworfen und gebaut werden. Die Arbeit verzögerte sich aufgrund der großen Streuung der Parameter der einzubauenden Widerstände. Es entstand die Idee, ein Programm zu schreiben, das eine Vielzahl von Verbindungsvarianten von Widerständen generieren und aus diesen die passendste Konfiguration auswählen kann. Das wurde auf einer Minsk-22, in der Sprache Autocode ENGINEER umgesetzt, der Algorithmus auf einem Lochstreifen „gespeichert“.

Das Programm funktionierte, es war ein Qualitätskonverter für schlechte Widerstände entstanden. An die emotionale Wirkung des Wunders erinnere ich mich bis heute. In diesem

¹<http://triz-summit.ru/file.php/id/f304802-file-original.pdf>.

²Invention Machine ist eine Marke der Invention Machine Corp. True Machina ist eine Marke von Prediso.

Algorithmus aus dem Jahr 1973 sind beide Teile des kreativen Prozesses enthalten: die Ideengenerierung und die parametrisierte Qualitätsbewertung der Ideen.

Das Programm wurde von einem Menschen geschrieben, aber den gesamte kreative Zyklus der Suche nach der besten Lösung führte der Computer aus. Der Computer kann erschaffen, und zwar auf seine eigene Weise – das war eine wichtige Schlussfolgerung.

1.2 Das intelligente System *Pulsar*

Der nächste Schritt war das intelligente System *Pulsar* für die automatische Synthese neuer Methoden zur Auswertung kosmischer Signale im SETI-Projekt. Neun Jahre der Arbeit, zweihundert Softwaremodule – das Ergebnis: die automatische Synthese von zwanzigtausend neuen Signalverarbeitungsalgorithmen [1]. Dieses System verfügte bereits über eine Wissensbasis aus mathematischen Theoreme (als *mathematische Effekte* bezeichnet), aus denen automatisch Signaldetektorstrukturen erzeugt und deren Qualität durch eine Monte-Carlo-Methode bewertet wurde.

Im Wesentlichen arbeitete der 1983er *Pulsar* wie Edison bei der Materialauswahl für einen Faden seiner Glühbirne. Dies war zugleich die erste wirkliche Erfinder-Maschine, allerdings in einem sehr engen Bereich. Das System *Pulsar* schlug dem Benutzer keine Tricks oder Effekte vor, sondern synthetisierte neue Erfindungen und bewertete deren Qualität.

1.3 Die Schule des jungen Erfinders

Das *Pulsar*-Projekt wurde von niemandem finanziert, obwohl es das vage Gefühl gab, dass dies in Zukunft passieren könnte, und dann würden begeisterte Entwickler benötigt. Ich verteilte an die Gruppen-Ältesten mehrere Dutzend Kopien des Programms eines Kurses (künstliche Intelligenz, Psychologie der Kreativität, Algorithmus der Erfindung) und bestellte einen Hörsaal. So wurde im Herbst 1976 die *Schule des jungen Erfinders* geboren, die eine außerordentlich wichtige Rolle im IM-Projekt spielte. Der Kurs erforderte ernsthaftes Arbeiten über zwei Semester, mit Hausaufgaben und Abschlussprojekten. Jedes Jahr kamen bis zu 80 Personen in die ersten Veranstaltungen, den Abschluss erreichten nicht mehr als 12. Aber was für Absolventen! Jeder ein geborener Leiter, mit innerem kreativem Feuer. Die Absolventen der Schule träumten nicht nur von Kreativität, sie waren ernsthaft bereit und innerlich überzeugt, sich in das Projekt hineinzuknien.

Es ist bezeichnend, dass später, als sich in Minsk Software-Unternehmen ausbreiteten und mit hohen Gehälter winkten, nur wenige der Jungs aus der ersten Gruppe des IM-Projekts sich im langweiligen Outsourcing versuchten.

2 Die Erfinde-Maschine (IM)

2.1 NILIM – das wissenschaftliche Forschungslabor für Erfindemaschinen. TRIZ als Basis für die IM

1987 gelang es dem MRTI³, ein Labor für intelligente Systeme zu eröffnen, in dessen Bestand die Absolventen der Schule aufgenommen wurden. Die Begeisterung war sehr groß, aber auch die Bürokratie war nicht schwach und fraß die meiste Zeit des Laborleiters.

Wir beschlossen, eine Genossenschaft zu gründen. Die Firma *Wissenschaftliches Forschungslabor für Erfinde-Maschinen* wurde am 12. April 1989 registriert. Das Motto der Firma war „Hohe Qualität und neueste Technologie“. Es wurde eine Lizenz für die Sprache PROLOG vom britischen Unternehmen LPA erworben, gegen die künftigen Lieferung von Software erhielten wir importierte Personalcomputer vom Minsker Zahnradwerk. Wir mieteten ein Büro in einer großartigen Lage, neben einem Café, in dem Sie einen starken Kaffee brühten. Ab da verlief die Entwicklung in hohem Tempo.

Die Atmosphäre in der Firma war freundlich und unglaublich kreativ. Zweimal im Jahr veranstalteten wir Ausstellungen und Seminare für Anwender, die Vorträge wurden veröffentlicht. Jedem Mitarbeiter waren vier Firmen zugeordnet, die ein IM-System gekauft hatten, der regelmäßig die Anwender anrief und so wertvolles Feedback aus erster Hand erhielt. Übrigens waren die Erfahrungen der Firma NILIM nützlich bei der Gründung der TRIZ-Vereinigung in Petrosawodsk.

Die auf TRIZ-Methoden basierende Invention Machine [2] war kein automatischer Ideen-Synthetisator, sondern unterstützte die Erfinder intellektuell und war aus der Perspektive der künstliche Intelligenz ein Schritt zurück im Vergleich zum Pulsar-System, dafür aber war sie für eine viel größere Anzahl von Anwendern interessant, insbesondere beim Erlernen der TRIZ-Methoden und der Logik der Funktions-Wert-Analyse.

2.2 Die Praxis der Verwendung von IM

Die Gründung der Firma *Invention Machine Corporation* in Boston am 7. April 1992 erlaubt die Beschaffung von Kapital von Motorola, Intel, von Risikokapitalfonds und die Bereitstellung von Schulungen und Beratung für große technische Firmen (Motorola, Kodak, Xerox, Intel, Procter und Gamble, General Electric, NASA, BMW, Ferrari, Mitsubishi, Honda, Unilever usw.). Der *TechOptimizer* war gut für den Unterricht einzusetzen, aber die Anzahl der aktiven Benutzer wuchs langsam.

Bei der Lösung realer Probleme bemerkten die Ingenieure schnell die Einschränkungen der TRIZ-Wissensbasis und verloren einfach das Interesse. Mehr noch, selbst richtig gute Empfehlungen des Systems wurden von den Ingenieuren oft abgelehnt, ohne auch nur zu versuchen, die empfohlenen Zugänge oder Wirkung anzuwenden wegen der Barriere zwischen zu abstrakten Systemempfehlungen und dem konkreten Problemmodell im Kopf des Anwenders.

Um die Möglichkeiten des Systems zu erweitern, wurden zwei Projekte gestartet: ein Ursache-Wirkungs-Synthetisator und ein semantischer Prozessor für die Suche nach notwendigem Wissen im Internet. Beide Projekte erforderten viel Kapital und Aufwand.

³Minsker Radiotechnisches Institut

2.3 Synthetisator für Effektketten

Direkte logische Schlussketten (von Fakten zu einem Ziel) und inverse (von einem Ziel zu Fakten) bilden den Kern kreativen Denkens. Warum nicht beide Arten von Schlussketten zur wissenschaftlichen Datenbasis hinzufügen, damit die Ingenieure das neue System aktiver anwenden können? Das war ein Schritt in Richtung der Erweiterung des Raums möglicher Lösungen, und wir rechneten mit einer starken Zunahme der Zahl aktiver Nutzer. Die Realitäten waren etwas anders. Das System erzeugte interessante Wirkungsketten, aber die Barriere der Missverständnisse blieb bestehen und, mehr noch, verstärkte sich, da anstelle eines Effekts nun gleich mehrere zu analysieren waren.

Ich habe persönlich Fälle beobachtet, in denen die Invention Machine sehr vielversprechende zusammengesetzte Konzepte ausgab, aber der Anwender nicht einmal versucht hat, diese zu studieren. Drei unbekannte Effekte zu gleicher Zeit – die Ingenieure weigerten sich, solche Konzepte zu analysieren. Dieses Problem brachte uns auf die Idee, dass, wie schwierig dies auch sein mag, die Ideen nicht in Form von Effekten oder Wirkungen zu präsentieren, sondern in Form grafischer Darstellungen technischer Systeme. Das heißt, es war ein echter KI-Erfinder zu programmieren, der nicht nur Vorschläge macht, sondern selbst erfindet und die Erfindung auf dem Bildschirm darstellt. Diese Idee wurde später zur Grundlage des Projekts *True Machina*.

2.4 Der semantische Prozessor

Der Einsatz des IM-Systems zur Lösung praktischer Probleme in führenden technischen Unternehmen der USA, in Westeuropa und Asien führte zum Verständnis, dass die korrekte Formulierung der Erfinderaufgabe in Form einer technischen Funktion von der sofortigen Bereitstellung der erforderlichen Wissensquellen nicht nur aus der Datenbasis, sondern aus dem ganzen Internet begleitet werden muss, in denen die Implementierung dieser und ähnlicher Funktion zu sehen ist.

Angenommen, Im Prozess der Analyse einer Aufgabe wurde als wichtige technische Funktion identifiziert *Erhöhen Sie die Stärke der Turbinenschaufeln*. Es wäre dann nicht schlecht, Zugang zu den neuesten Forschungsergebnissen in diesem Bereich zu haben, und zwar nicht in Form einer endlosen Liste von Webadressen, sondern in Form von kurzen kausalen Beziehungen der Art *Eine chaotische Struktur erhöht die Stärke der Schaufeln*. Wir haben es geschafft, einen leistungsstarken und genauen *Miner of Knowledge* basierend auf einer tiefer Semantik zu bauen [3].

Wie es manchmal in der Softwareentwicklung vorkommt, wurde das semantische Modul von einem Hilfsprodukt später zum Hauptprodukt der Firma *IM Corp*. Das semantische Netzwerk reflektiert nicht einfach die Struktur des Wissens, sondern enthält auch argumentative Elemente und logische Schlussfolgerungen aus dem Wissen.

Der semantische Prozessor ist bei Kunden der IM Corp. sehr beliebt; wir haben auch versucht, Investitionen für den Start einer semantischen Suchmaschine einzuwerben, aber in der Wirtschaft begann eine Rezession und die Investoren wollten nicht mehr ernsthaft investieren. Außerdem mussten wir mit dem Zusammenbruch der Aktien an den Börsen den geplanten Einstieg des Unternehmens an der NASDAQ abblasen.

2.5 Die wichtigsten Schlussfolgerungen aus den Erfahrungen mit der Implementierung des IM-Systems

Intelligente Unterstützungssysteme zur Lösung erfinderischer Probleme auf der Basis von FSA und TRIZ sind sehr nützlich, um gleichzeitig TRIZ und FSA zu lernen, allerdings werden zur Lösung praktischer Probleme die Systeme nur von einem kleinen Kreis von Enthusiasten verwendet. Zum Teil wegen der Komplexität der Theorie und der fehlenden Ergebnisgarantie.

Das semantische Modul hat die Anzahl der Anwender erhöht, allerdings hatte das nur indirekt Auswirkungen auf die Ideen-Generierung; die schöpferische Arbeit verlagerte sich in Richtung der Textanalyse von Artikeln und Patenten. Eine deutliche Erhöhung der Anzahl aktiver Anwender ist unter zwei Bedingungen möglich: der deutlichen Vereinfachung der Komplexität der Logik und der Wissensbasis, der maximalen Reduktion der Barriere vom Hinweis bis zur kompletten Lösungsidee sowie der ständigen Aktualisierung der Wissensbasis über Probleme, wissenschaftliche Effekte, neue Materialien und technische Prozesse.

3 True Machina als wahre KI-Erfinderin

Das Konzept des True Machina Projekts unterscheidet sich stark von der IM-Philosophie auf der Grundlage der TRIZ. Das IM-System basierte auf der Logik der FSA und der TRIZ-Wissensbasis, die für Menschen erstellt wurde, so dass neue Ideen im Kopf des menschlichen Benutzers entstehen.

Das Hauptkonzept des neuen Projekts besteht darin, anstatt Hinweise zu generieren, die dem Menschen beim Problemlösen helfen, den Computer selbst neue Lösungen in Form von Erfindungen mit Abbildungen, Beschreibung, Titel und Nummer der Erfindung erzeugen zu lassen. Der Unterschied ist grundlegend: Wenn bisher die Idee der Erfindung im Kopf des Benutzers des Programms entstand, so wird nun die Idee im Speicher des Computers generiert, der Benutzer sieht auf dem Bildschirm keinen Hinweis, sondern eine Reihe neuer technischer Lösungen.

Das intellektuelle System erfindet selbst und unterstützt nicht nur den Menschen beim Erfinden. Künstliche Intelligenz beginnt die Rolle des Partners zu spielen: Der Mensch generiert Ideen und die *True Machina* generiert ebenfalls Ideen. Beide am kreativen Prozess Beteiligten entwickeln Erfindungs-Ideen, aber sie tun es auf unterschiedliche Weise. Dies ist die Stärke der Partnerschaft zwischen Mensch und *True Machina*.

Die Funktionalität des Systems True Machina [4]:

- Synthese von Erfindungen in Form von Grafiken und Texten – Quelle des Wissens sind die neuesten wissenschaftlichen Veröffentlichungen;
- Modus *Generative Inventions*: Neue Erfindungen werden sofort nach dem Auftreten eines neuen Effekts, Materials oder Problems in der Wissensbasis generiert;
- Vergleich der erzeugten Erfindungen nach einem quantitativen Hauptparameter und nach eine Gruppe von Qualitätsindikatoren;
- Kontinuierliche Auffüllung der Wissensbasis;
- Anpassung an die Probleme großer Anwenderunternehmen.

3.1 Der kreative Mensch-Maschine-Dialog. Wo ist die KI stark?

Der Computer ist in der Lage, Informationen in gigantischem Umfang zu speichern, diese schnell und einfach zu verarbeiten und in visueller Form auszugeben. Heute ist er auch lernfähig und kann argumentieren, aus Wissen Schlüsse ziehen, was für die Kreativität von grundlegender Bedeutung ist.

In Anbetracht der Möglichkeiten heutiger Computer und KI-Systeme stellen wir uns folgende Aufgabe: Programmiere einen Systemkern, der ständig eine Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und experimenteller Forschungsergebnisse aktualisiert und mit einer hierarchischen Liste technischer Probleme oder Funktionen semantisch abgleicht.

Es gibt also *zwei* sich ständig aktualisierende Wissensdatenbanken. Wenn als Eingabe im System als kurzer Eintrag eine Beschreibung eines neuen Forschungsergebnisses auftaucht, dann durchsucht das System sofort alle technische Probleme und versucht, die Probleme zu entdecken, die mit der neuen Erkenntnis (besser) gelöst werden können. Wenn das TM-System solche Probleme gefunden hat, so erzeugt es neue Erfindungen in Form eines synthetisierten Musters, einer kurzen Beschreibung und Titel, das heißt, eine Beschreibung einer neuen Erfindung wird erzeugt. Praktisch werden so wissenschaftliche Erkenntnisse automatisch in technologische Innovationen übersetzt.

Wir haben diesen Prozess als *Generative Inventions* bezeichnet. Es gibt noch keinen russischen Begriff dafür. Die Essenz dieses Ansatzes sieht vor, dass die konzeptionelle Lösung eines technischen Problems nicht generiert wird, wenn der Ingenieur danach fragt, sondern in dem Moment, wenn wissenschaftliche Erkenntnisse für dessen Lösung in das System eingespeist werden. Dies verkürzt die Zeit von der wissenschaftlichen Entdeckung bis zur technischen Erfindung erheblich.

Die im Projekt verwendete Technologie nennen wir *kombinatorische Semantik*. Kombinatorik erlaubt es, alle möglichen Erfindungen aus einem neuen Effekt oder Material für den aktuellen Baum der technischen Funktionen zu entwickeln. Die Semantik ist verantwortlich für kausale logische Schlussfolgerungen, das heißt unmittelbar für den kreativen Prozess. Faktisch kehren wir zur Architektur des Pulsar-Systems zurück, aber ergänzt um Semantik, welche die Mächtigkeit des Systems stark erhöht.

Abb. 1. True Machina generiert automatisch neue Erfindungen aus der Wissenschaft und experimentelles Wissen – hier weggelassen.

3.2 Milliarden Erfindungen

Wir bauen den Kern des True Machina Systems so, dass es möglich ist, mehr als einer Milliarde Erfindungen automatisch zu erzeugen, was die Anzahl der auf der Welt geschaffenen Patente um fast zwei Größenordnungen übertrifft. Ein solches Ziel kann mit entsprechenden finanziellen und strategischen Partnern in wenigen Jahren erreicht werden.

Die Entstehung einer solchen Datenbank mit einer Milliarde Erfindungen im Internet wird zweifellos eine große Wirkung bei Ingenieuren, Beratern und Patentanwälten haben. Die Basis wird kontinuierlich aktualisiert durch die automatische Erzeugung neuer Erfindungen unmittelbar nach der Veröffentlichung der Ergebnisse fortgeschrittener wissenschaftlicher Forschung. So wird True Machina wissenschaftliche Ergebnisse sofort in technische Innovationen

umsetzen. Es besteht die Möglichkeit, dass True Machina der dominierende Erfinder wird.

4 Fazit

Die intelligenten Systeme des Projekts Invention Machine helfen bei der Lösung erfinderische Aufgaben auf der ganzen Welt. Die Mitarbeiter der Firma NILIM (Minsk, St. Petersburg), die IM Corp., NILITIS, Method NauchSoft haben tatsächlich eine neue Klasse von Softwarelösungen erstellt – intelligente technische Unterstützungssysteme für Innovationen.

Das nächste Ziel ist der Aufbau eines Systems künstlicher Intelligenz, das laufend neue Erfindungen und deren textuell-grafische Beschreibungen erzeugen kann als gleichwertiger kreativer Partner eines Ingenieurs, Forschers oder Erfinders.

5 Referenzliste

1. Tsourikov V. Разработка быстрых ранговых обнаружителей сигналов в сложных условиях связи. Dissertation. Minsk, 1983.
2. Altshuller G. Творчество как точная наука. Советское радио, 1979.
3. Tsourikov V., Batchilo L., Sovpel I. Document semantic analysis/selection with knowledge creativity capability utilizing subject-action-object (SAO) structures. United States Patent 6 167 370 vom 26. Dezember 2000.
4. Tsourikov V. Generative inventions. TRIZfest, Conference Proceedings. September 14-16, 2017, Kraków, Poland, 178–184.