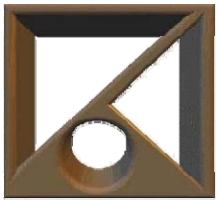
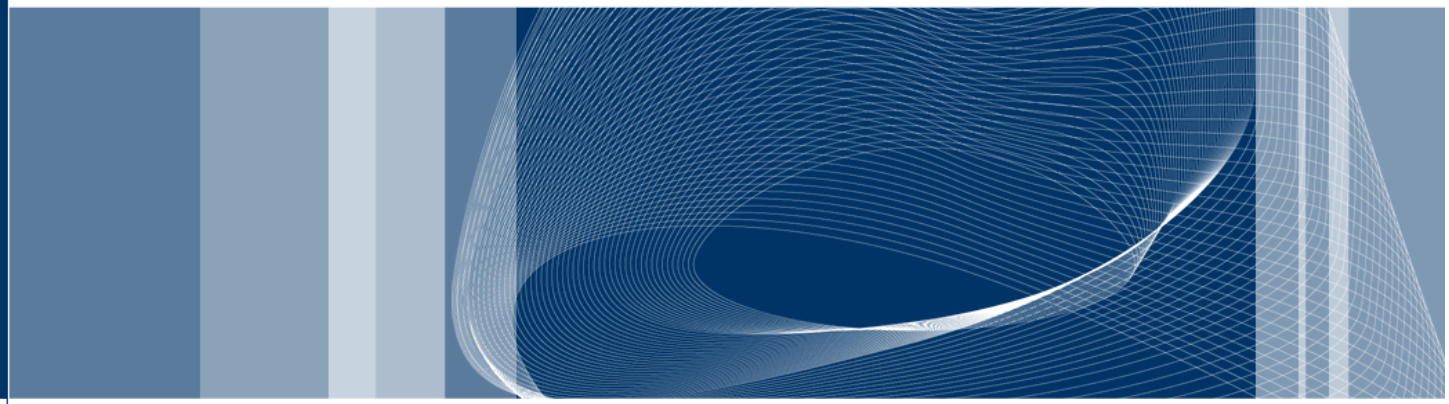
Knowledge
Aided
Engineering
Manufacturing
and
Related
Technologies



POLITECNICO DI MILANO



コンピュータ支援による問題解決：

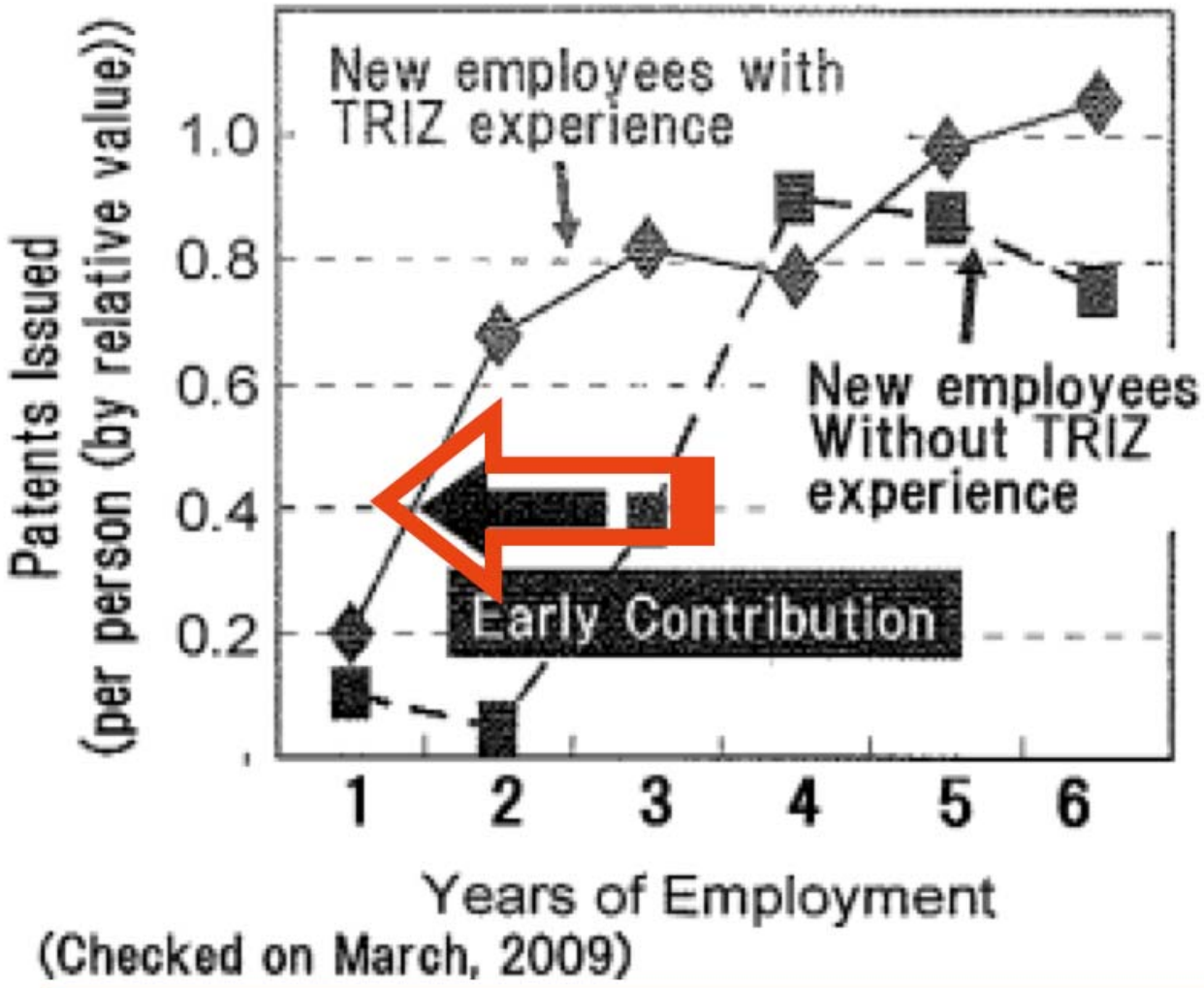
発明的問題の分析をサポートする対話ベースシステム

Niccolò Becattini
Yuri Borgianni
Gaetano Cascini - gaetano.cascini@polimi.it
Federico Rotini

和訳：菊池　史子（パイオニア）

研究の経緯

- TRIZは個人と組織のイノベーション能力を向上させる



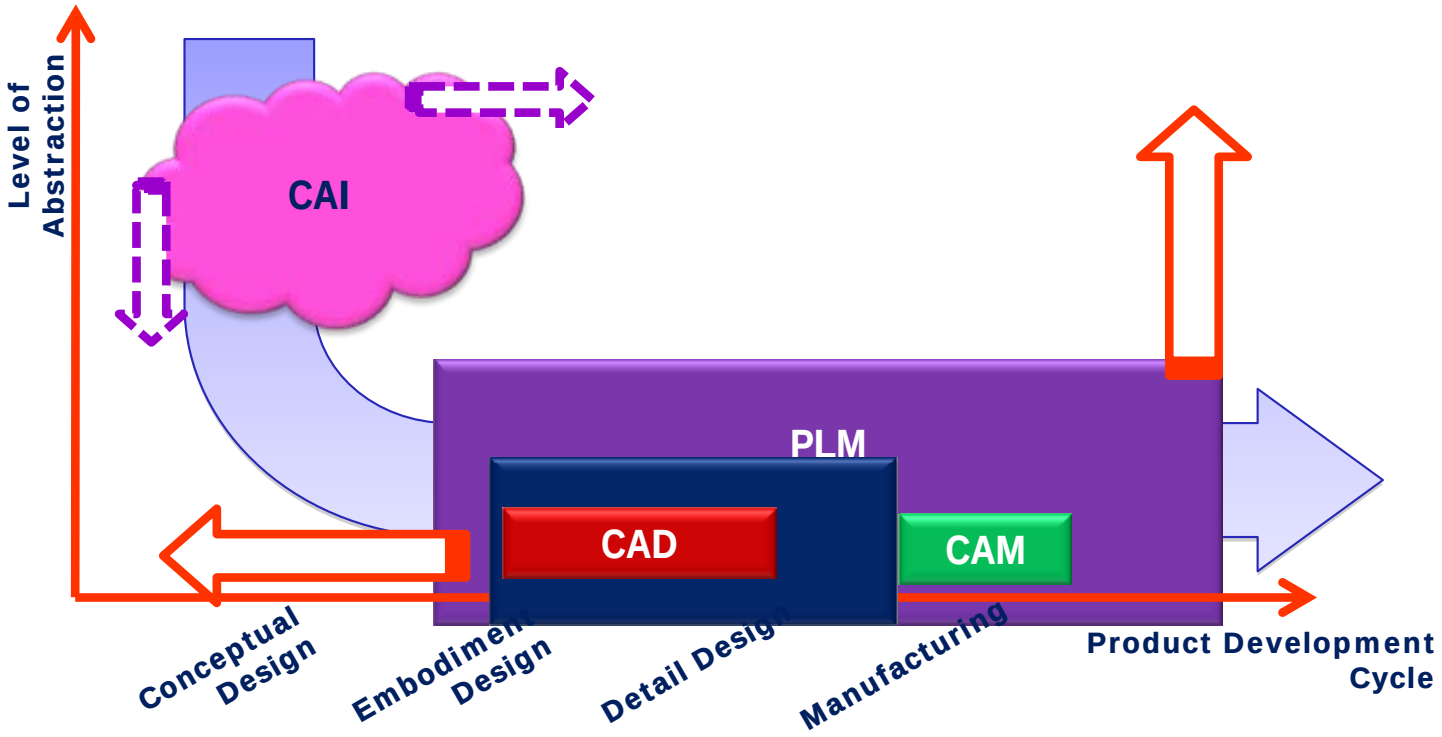
出典: TRIZシンポジウム2009
パナソニック発表資料より

研究の経緯

- その一方、TRIZ理論の理解には、無視できないくらいの学習努力が必要。
- 十分な問題解決能力を獲得する課程の典型例として、以下が要求される。
  - ❖ 最低40時間に及ぶ初期レッスン
  - ❖ 数ヶ月間に渡る実践訓練
- 同様に、CAI (Computer-Aided Innovation)ベースのTRIZツールを職業教育コースを受講していない者が使用しても、効果的な結果が出せない。

研究の経緯

- ☹ イノベーションに欠くことのできない創造性と発明能力はPLMシステムではサポートされない。
- ■ 設計プロセス全体にそのサポートを拡張することが必要。



[1] Van Elsas A., Vergeest J.S.M., “New Functionality for computer-aided conceptual design: the displacement feature”, Design Studies. 19 (1998) 81-10.

ゴールと概略

著者は、CAIシステムにおいて、足りない部分を考慮し、ソフトウェアアプリケーションにおいて実行可能な問題解決のためのプロトタイプのアルゴリズムを提案する。
OTSM-TRIZの枠組みは、対話ベースシステム開発のための理論的背景の中核をなす。

ゴールと概略

- **ステップ　バイ　ステップ　アルゴリズムを示す**　これは問題解決プロセスをサポートするために、問題分析とTRIZ知識ベースに従った関連情報の組織化を行う

- 概要
  - システムの要求仕様
  - 関連研究:
    - 問題の説明
    - 問題解決アプローチ
    - 問題解決のためのコンピュータ支援ツール
  - 参照モデル
  - **発明的問題の分析のための対話ベースシステム**
    - アルゴリズムの詳細な構造
  - 有効性の確認
    - 工学デザインの学生による予備テスト
    - 業界におけるテスト
  - 結論と今後の課題

システムの要求仕様

- **ステップ　バイ　ステップ　アルゴリズム**　問題解決プロセスをサポートするために、問題分析とTRIZ知識ベースに従った関連情報の組織化を行う
  - 以下のような問題に対し、正面から向き合う能力を持つこと
    - 複数の目的に対し、優先順位を付けることにより困難な問題に対応できる
    - 競合する要求事項を強調し、望ましい解決策の主要特性を描写することにより非典型的な問題に対応できる
    - 適切な定義によってうまく構造化することにより、不明確な問題に対応できる
    - 様々なドメインで利用可能リソースから役に立つ情報やデータを検索し、ユーザーを助けることにより、発明的問題に対応できる
  - 問題解決者の知識と創造的技術に、てこ入れするために役立つ刺激を与えること
  - 問題解決者のデザインの余地を広げ、解決策のスペースを広げるかもしれない、役に立つ情報検索に彼らを駆り立てること
    - 自動化を認めた検索評価基準の定義は、設計者に最小限の努力を要求する。

システムの要求仕様

- 問題分析のための対話ベースのシステムの主要特性:
  - 限られた量のトレーニング
  - “自然” 言語
  - 情報検索のスピードアップ
  - 特許検索能力は不要

関連研究: 問題の説明

- 発明的デザイン活動中に直面する共通問題:
  - 困難な問題 / 易しい問題 [2]
    - 不透明性
    - 複雑性
    - ダイナミクス
    - Polytely
  - 典型的な問題 / 非典型的な問題 [3]
    - 非典型的な問題は個人の知識と知恵のてこ入れが必要
  - 発明的問題 / 非発明的問題 [4]
    - 役立ち、目新しく、明白でない解決策へ導く、いかなるものもみな
  - 構造化されている問題 / 構造が不明確な問題 [5]
    - 6つの主要特性がWSPを定義し、ISPは残り特性で1つのクラスを構成する

[2] Funke J., Frensch P.A., “Complex problem solving: the European perspective” in Jonassen D.H. (Ed.) “Learning to solve complex scientific problems” Lawrence Erilbaum, New York, 2007, 25-47.

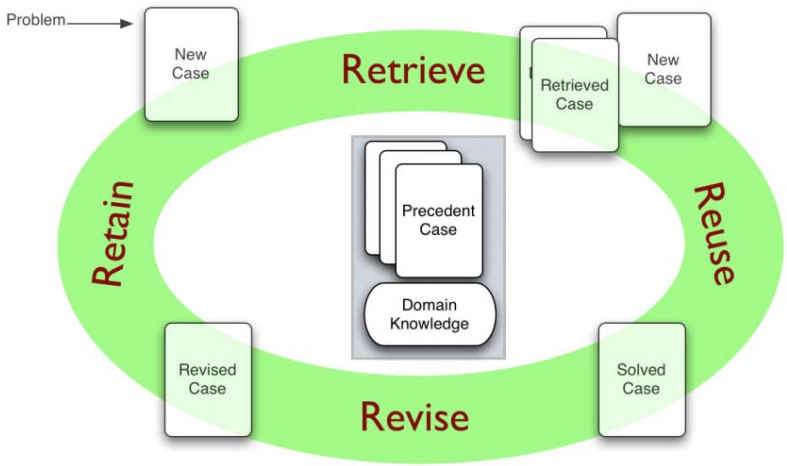
[3] Altshuller G.S., “Creativity as an exact science”, Gordon and Breach Science, New York, 1984.

[4] Cavallucci D., Rousselot F., Zanni C., “Assisting R&D activities through definition of problem mapping”. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 1 (2009) 131-136.

[5] Simon H.A., “The structure of ill-structured problems”, Artificial Intelligence, 4, (1973), 181-201.

関連研究: 問題解決アプローチ

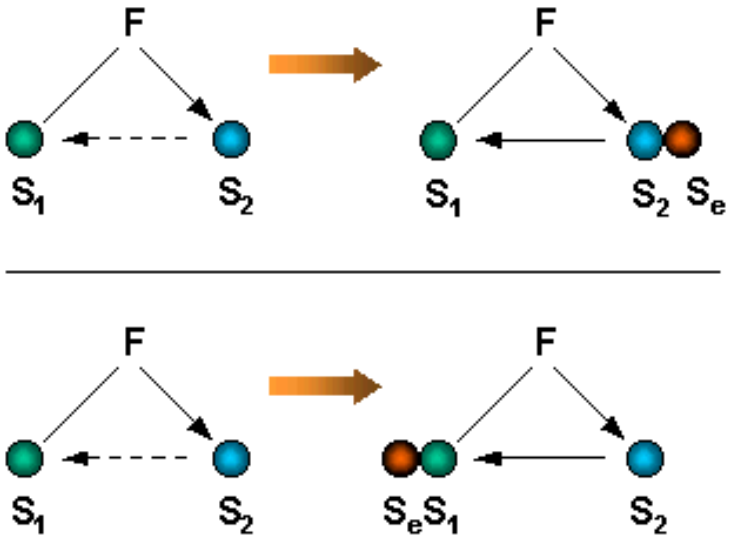
- **認知的方法:**
  - 特性 [6]
    - 類推
    - 抽象化
    - アイデアの結びつき
    - クロスファンクションの思考プロセス
    - 暗黙知のてこ入れ
  - 問題解決のための例示的な認識的メソッド
    - 事例に基づく推論
    - ブレインストーミング

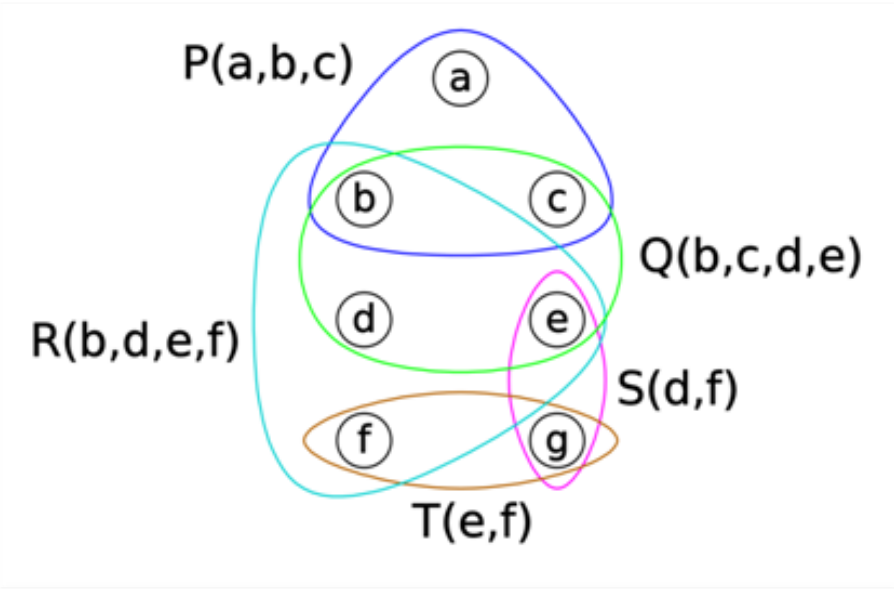


[6] Ross V.E., “A model of inventive ideation”, Thinking skills and creativity. 1 (2006), 120-129.

関連研究:問題解決アプローチ

- 体系的方法:
  - 特性
    - 直線的
    - ステップ　バイ　ステップ
    - いくつかのタイプの問題には効率的である (貧弱な多様性)
    - 特定の創造的能力を必要としない
    - 形式知に依存する(特許、ハンドブック、科学的文献、...)
  - 問題解決のための例示的な体系的メソッド
    - TRIZ
    - 制約充足問題とその進展





関連研究: 問題解決アプローチ

- TRIZは純粋な体系的方法として考えることはできない。なぜなら、

  "... ARIZ は考えることを助けるツールだが、考え自体を取り替えることはできない (...) それはまさに、創造的な非典型的なアイデアを生み出すように人間を導くイマジネーションの火花である。". [7]

- 認知的なアプローチと体系的なアプローチの明白な違いというものは、個人の暗黙知のてこ入れするステップ　バイ　ステップの方法において、和らげられる。なぜなら、

  "...デザインの方法論はデザイナーの能力を伸ばし、導き、創造力を高め、そして同時に結果の客観的評価の必要性を納得するべきである。" [8]

[7] Khomenko N., De Guio R., Leilat L., Kaikov I., "A framework for OTSM-TRIZ Based Computer Support to be used in Complex Problem Management", International Journal of Computer Application in Technology, 30, (2007), 88-104.

[8] Pahl G., Beitz W., "Engineering Desing – A systematic approach", 2nd Edition, Springer, London 1996.

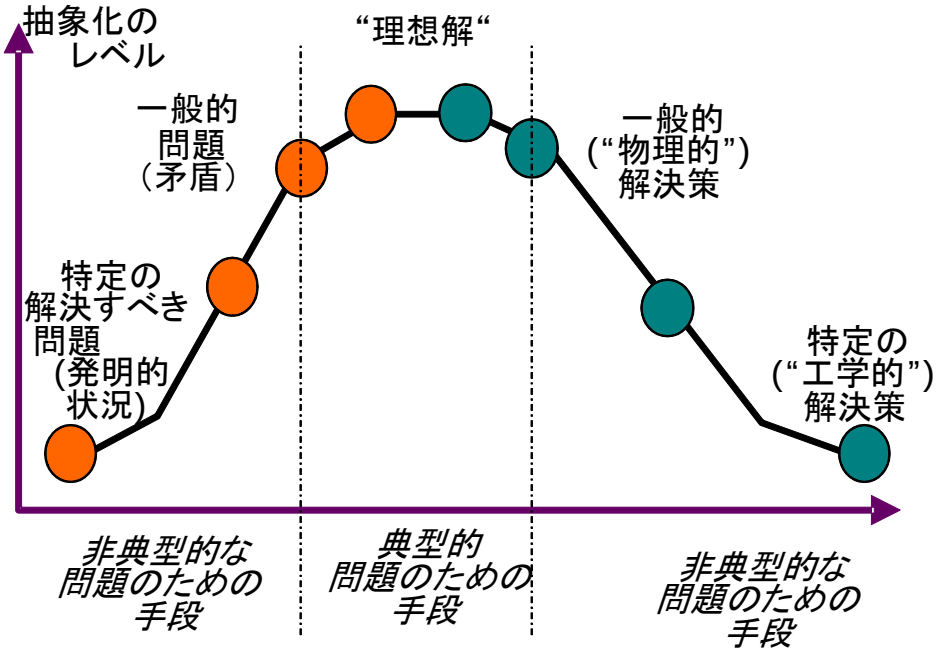
問題解決のためのコンピュータ支援ツール

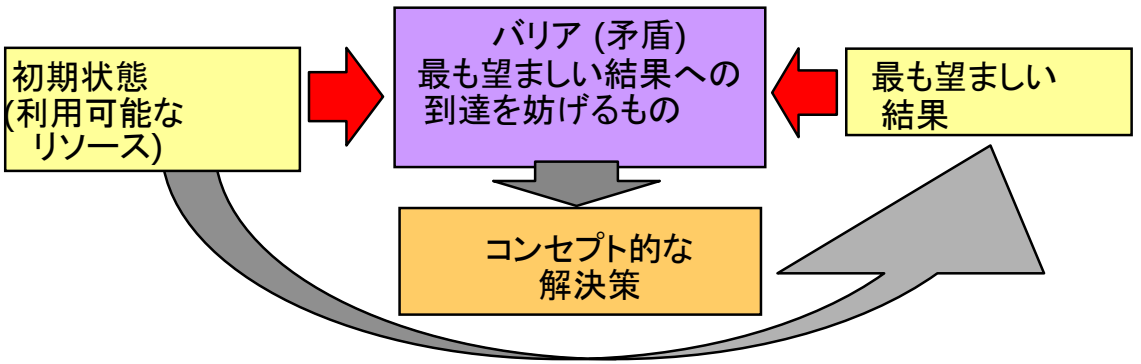
- **コンピュータシステムで問題を解決するための4種類のユーザー支援のやり方** [9]:
  - 革新的解決の研究において、デザイナーの忍耐を勇気付ける、作業工程の管理をファシリテートする。
  - 創造的プロセスにおいて、アイデアを見回し、統合することが、示唆的な役割を果たすため、デザインチームメンバーのコミュニケーションを容易にする。
  - 認知過程を通じてユーザをガイドする、エキスパートシステムとして機能するコーチングでデザイナーを支援する。
  - idea generation に貢献する人工知能システムのおかげによる、創造的プロセスにおいて、共同作業を行う。

[9] T. Lubart, How can computers be partners in the creative process: Classification and commentary on the Special Issue, International Journal of Human-Computer Studies. 63 (2005) 365–369.

参照モデル: OTSM-TRIZ

- ヒルモデル (抽象化-統合) [*]
- トングモデル (現在の状況から理想性まで、バリアの識別)[*]

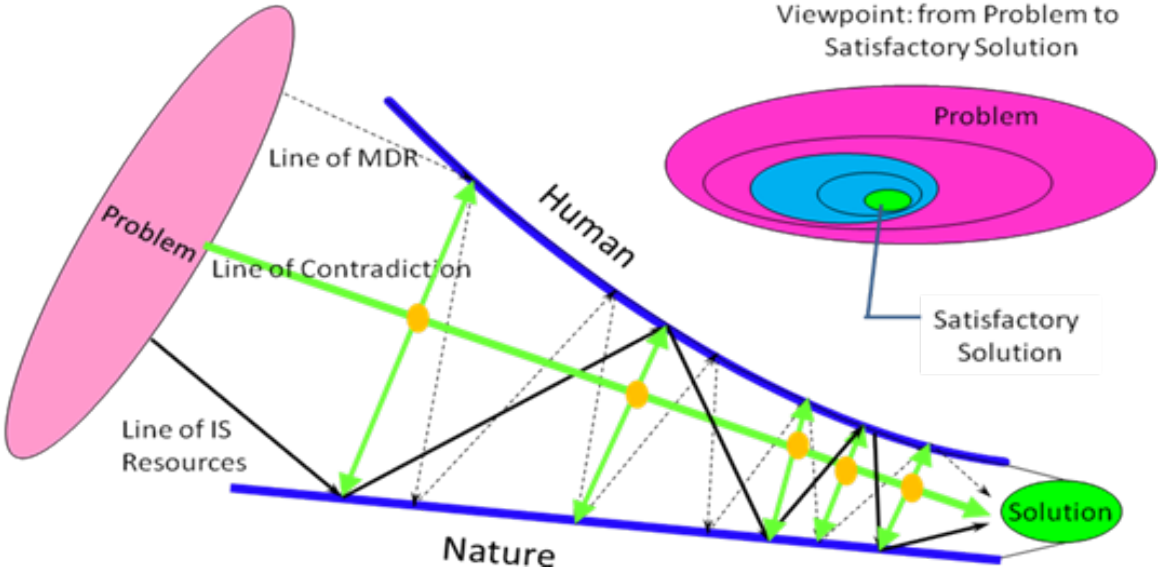


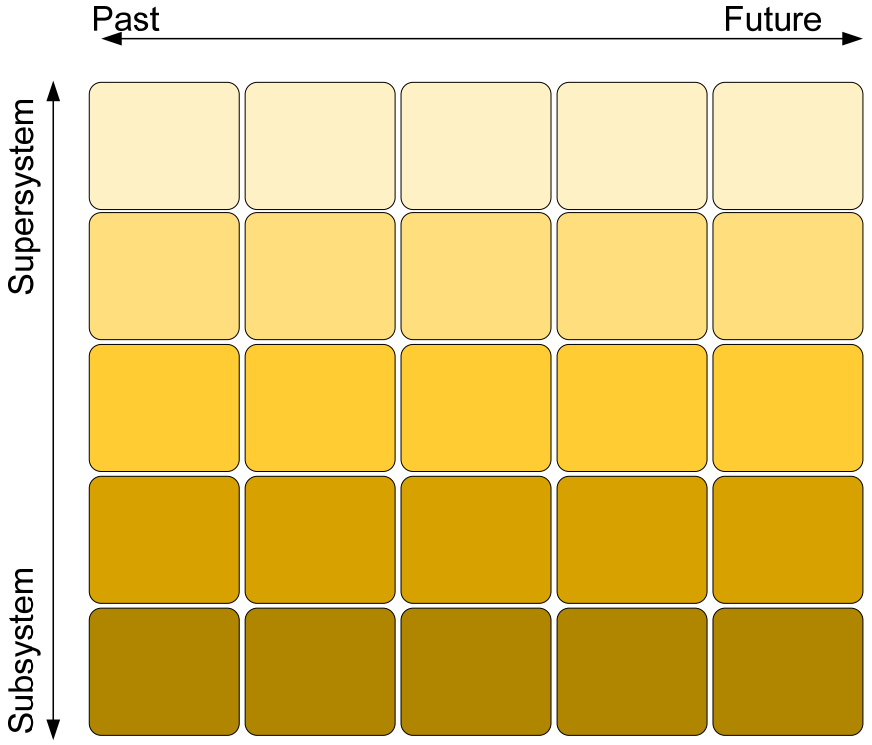


* source: Nikolai Khomenko

参照モデル: OTSM-TRIZ

- 漏斗モデル (収束プロセス) [*]
- システムオペレータ (システムシンキング)

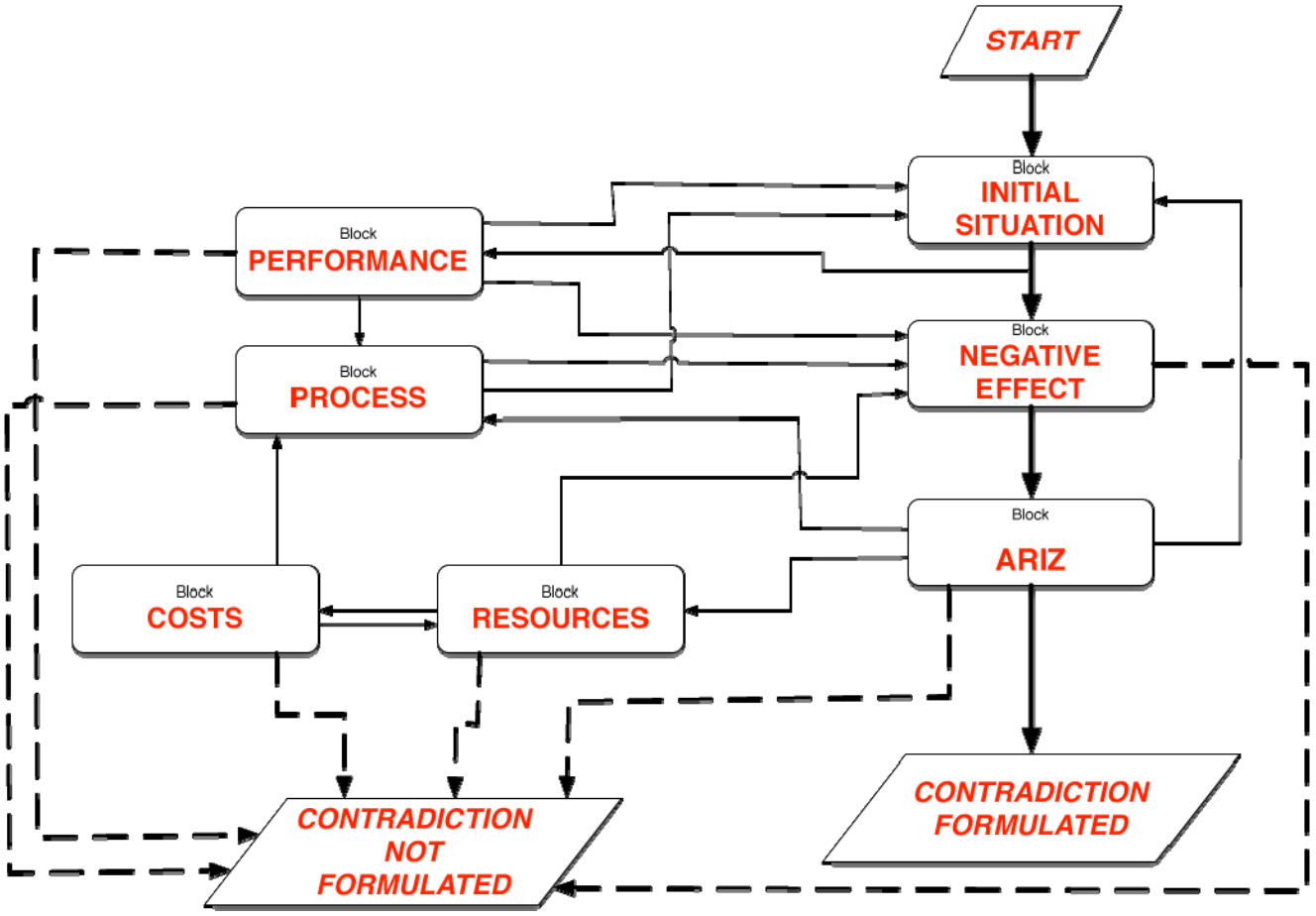




* source: Nikolai Khomenko

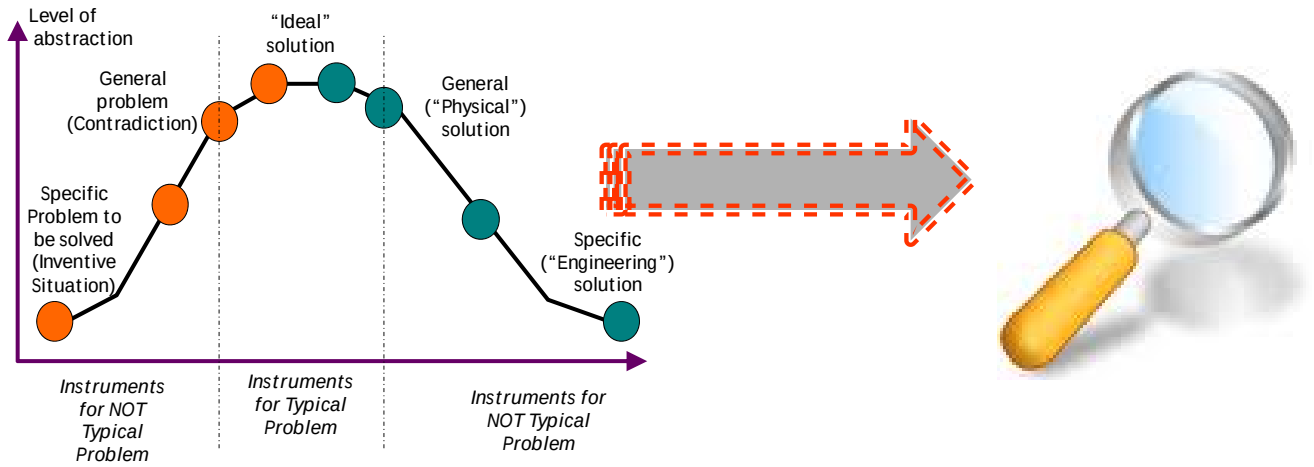
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- アルゴリズムは、システムの様々な側面を詳細に調べることを目的とした論理ブロックから構成される。形式化の達成度合いと問題の抽象化において、多様な出力が予見される。



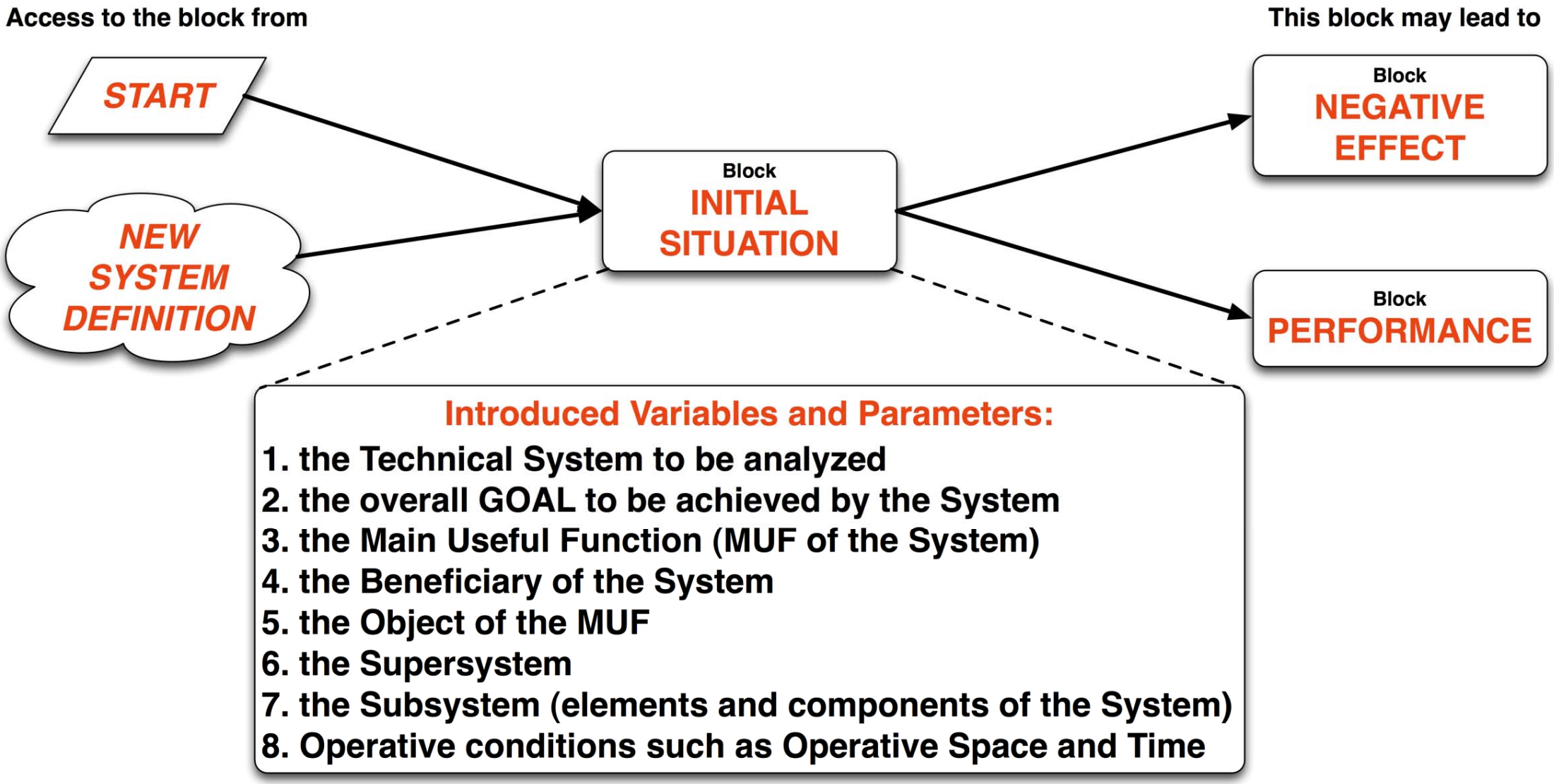
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- **知識検索と問題解決の機会に関するアルゴリズムの主な特徴:**
  - 初めに、適切な問題解決経路を勧めることにより、ユーザ自身のノウハウの活用を助ける。それは外部の専門的技術を必要としないため、アイデア生成の実行を容易にする。
  - 外部の事業ドメインでの検索は、抽象化の過程が完了したとき(例:物理的矛盾の定義)に行われる。
  - 異なったTRIZツール、例えば、時間/スペースでの分離、不使用/低価値コンポーネントのトリミングなど、適切な解決代替手段を提供する。



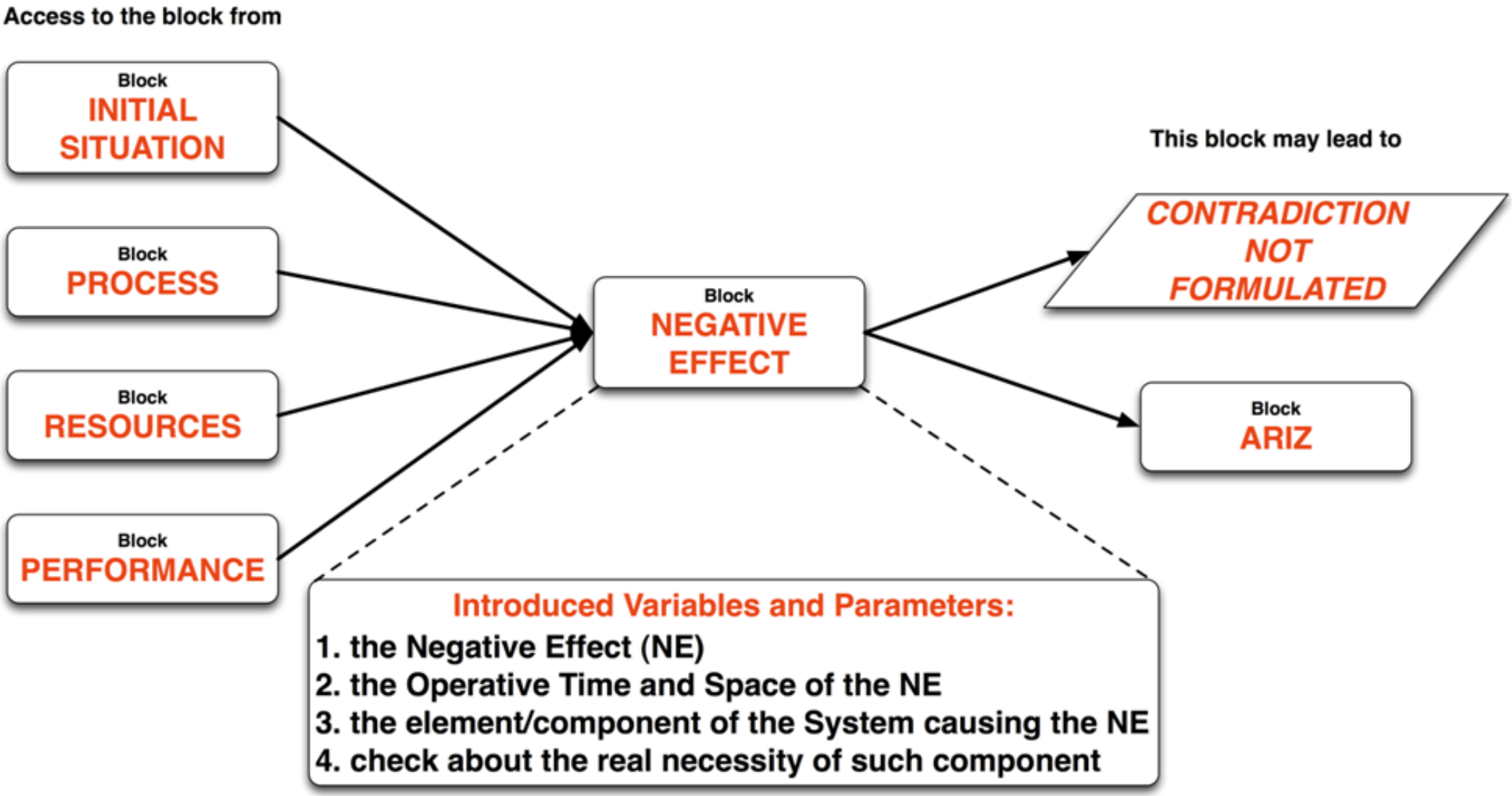
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- 論理ブロック　初期状態(IS):システム及び、調査中の問題について、予備的な記述を提供する。



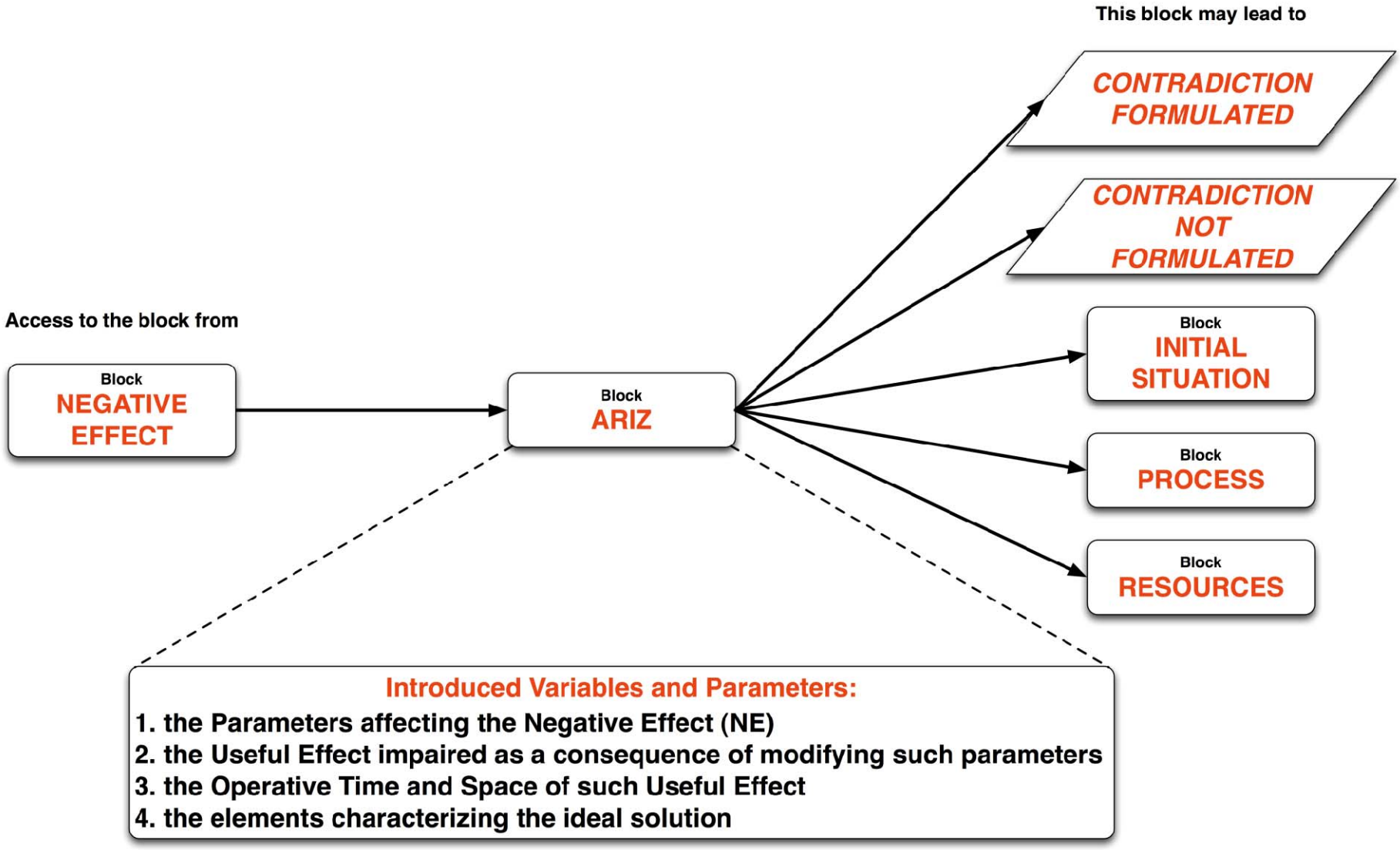
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- 論理ブロック　マイナス効果（NE）：システムに起こる望ましくない効果、否定的な結果、およびインパクトを調査する。



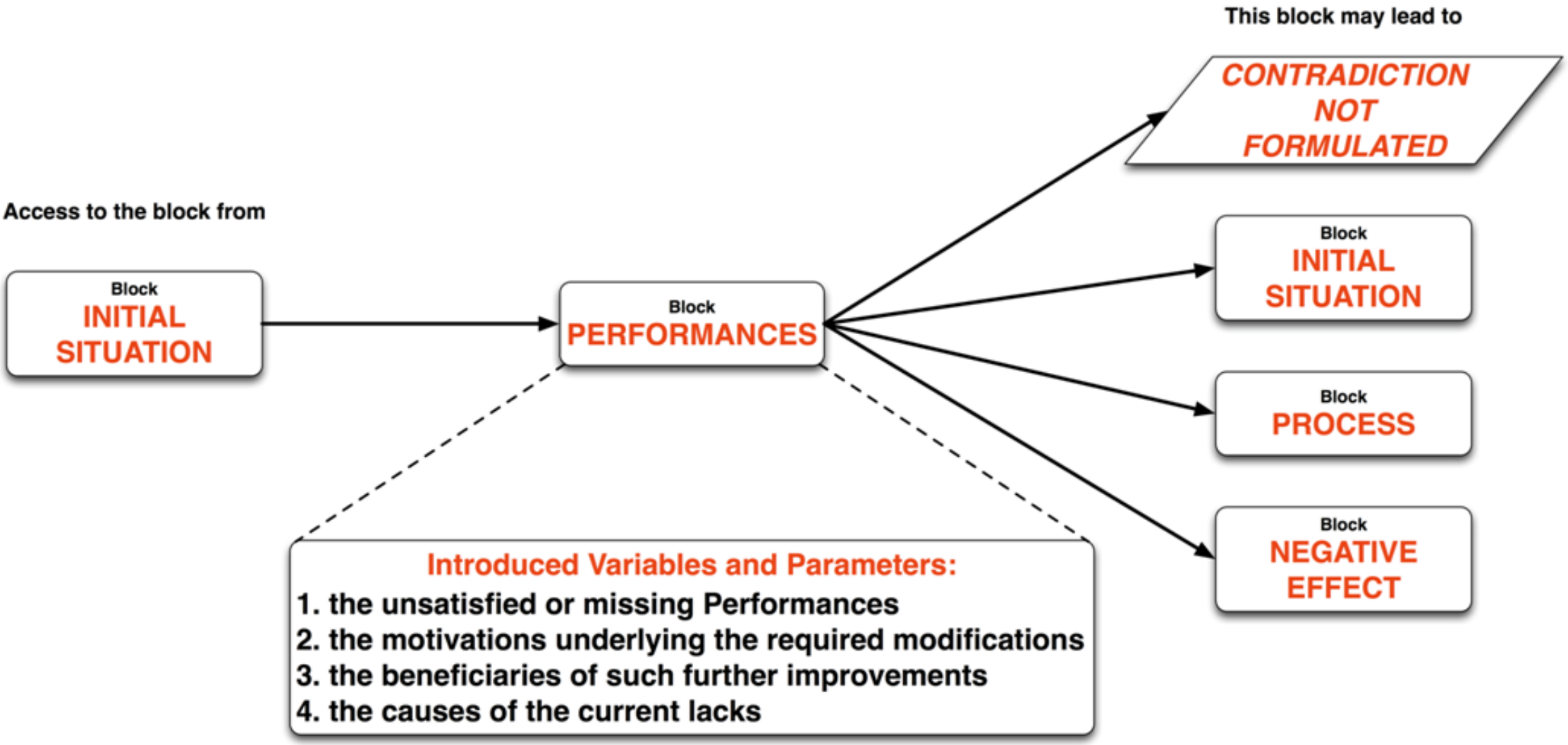
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- 論理ブロック　**ARIZ(AR):** TRIZ用語における物理的矛盾の定義をサポートする。



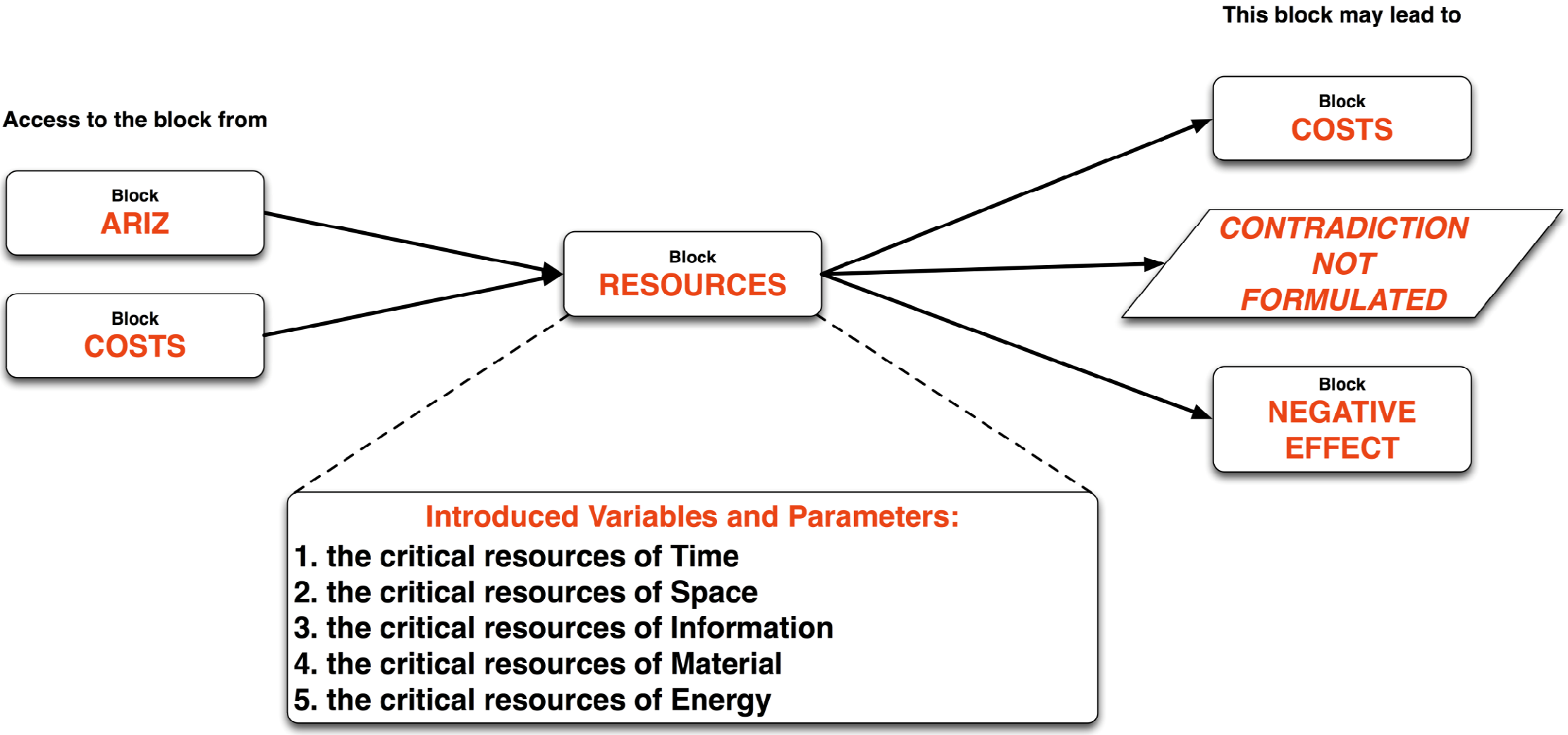
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- **論理ブロック　パフォーマンス(PE):** 分析されるべきシステムかマイナス効果を再公式化する。



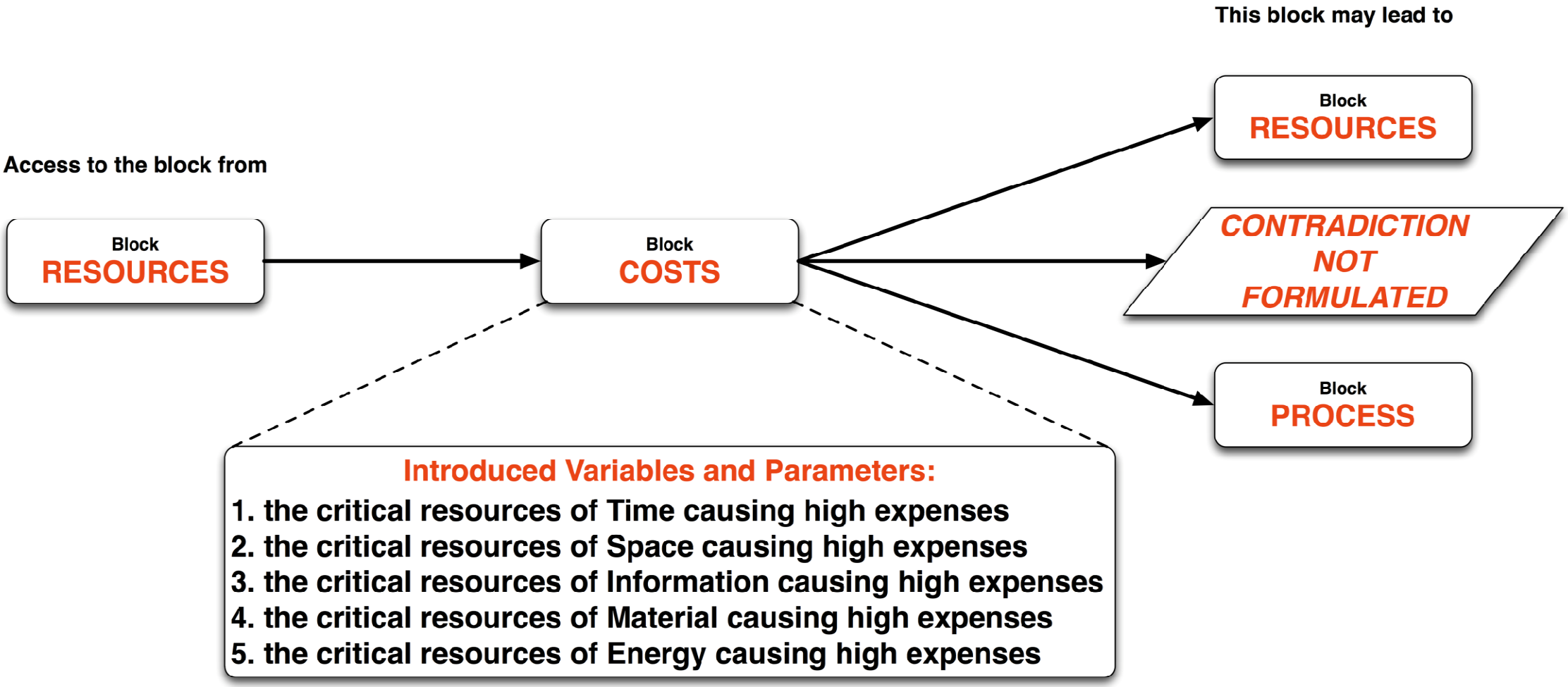
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- **論理ブロックリソース(RE):** 使用中に費やされたリソースの過量に関して、システムの調査の深掘りする。



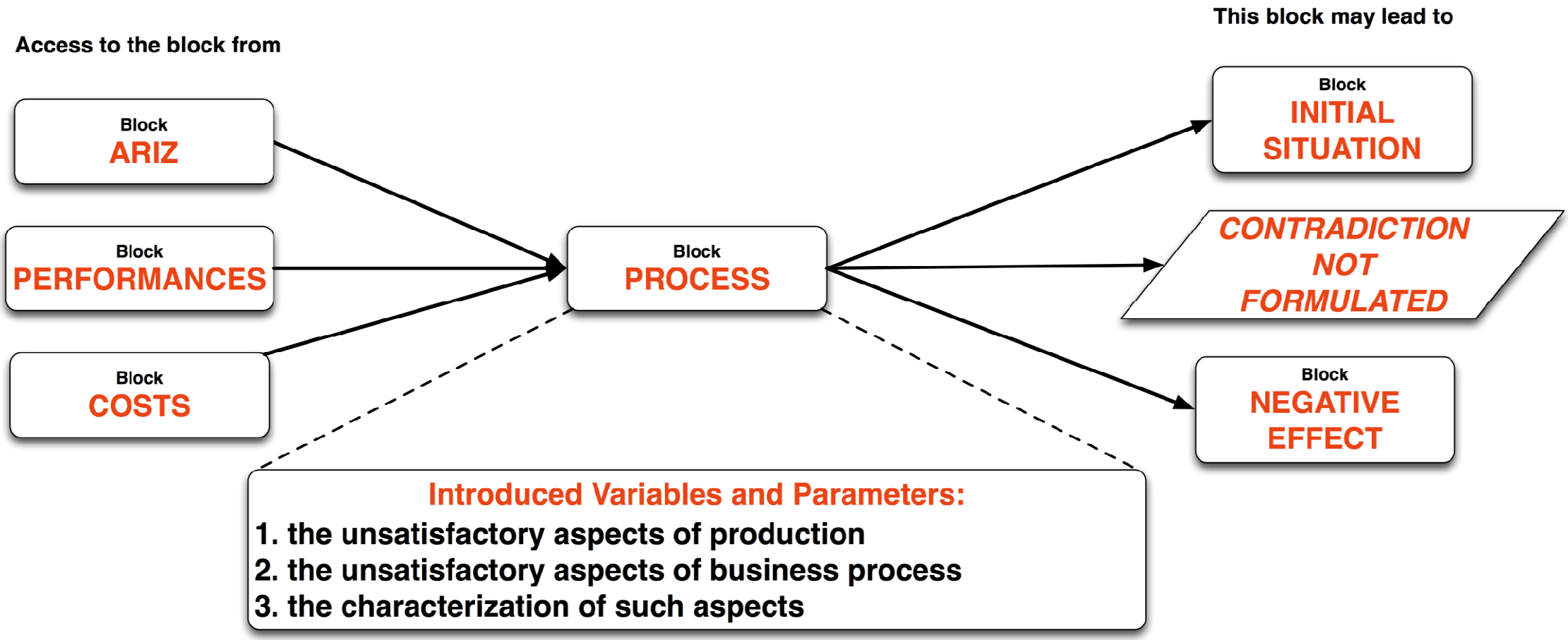
発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- **論理ブロック　コスト(CO):** コストが高くかかった理由を調査する。



発明的問題の分析のための対話ベースシステム

- **論理ブロック　プロセス(PR):** 製造プロセスもしくはデリバリプロセスのクリティカルパスを調査する。



有効性の確認 ：大学における予備テスト

- 対話ベースアルゴリズムは以下の学校の学生により3事例で予備テストされた:
  - ミラノ工科大学
  - フィレンツェ大学
- 結果の評価
  - 良好な結果:
    - プログラムの詳細説明
    - 特定のミスや解釈の過ちが無いこと
    - キーワードによる特許検索における有用な変数定義
  - 満足な結果:
    - ほぼ完璧な問題説明
    - 問題の全体的理解
    - キーワードによる特許検索のための予備的な方向性を指示することができる変数
  - 不満な結果:
    - 問題説明の不足
    - 誤解の拡散
    - 特許検索による解決策の幅を広げられない変数

有効性の確認 ：大学における予備テスト

- 対話ベースアルゴリズムは以下の学校の学生により3事例で予備テストされた:
  - ミラノ工科大学
  - フィレンツェ大学

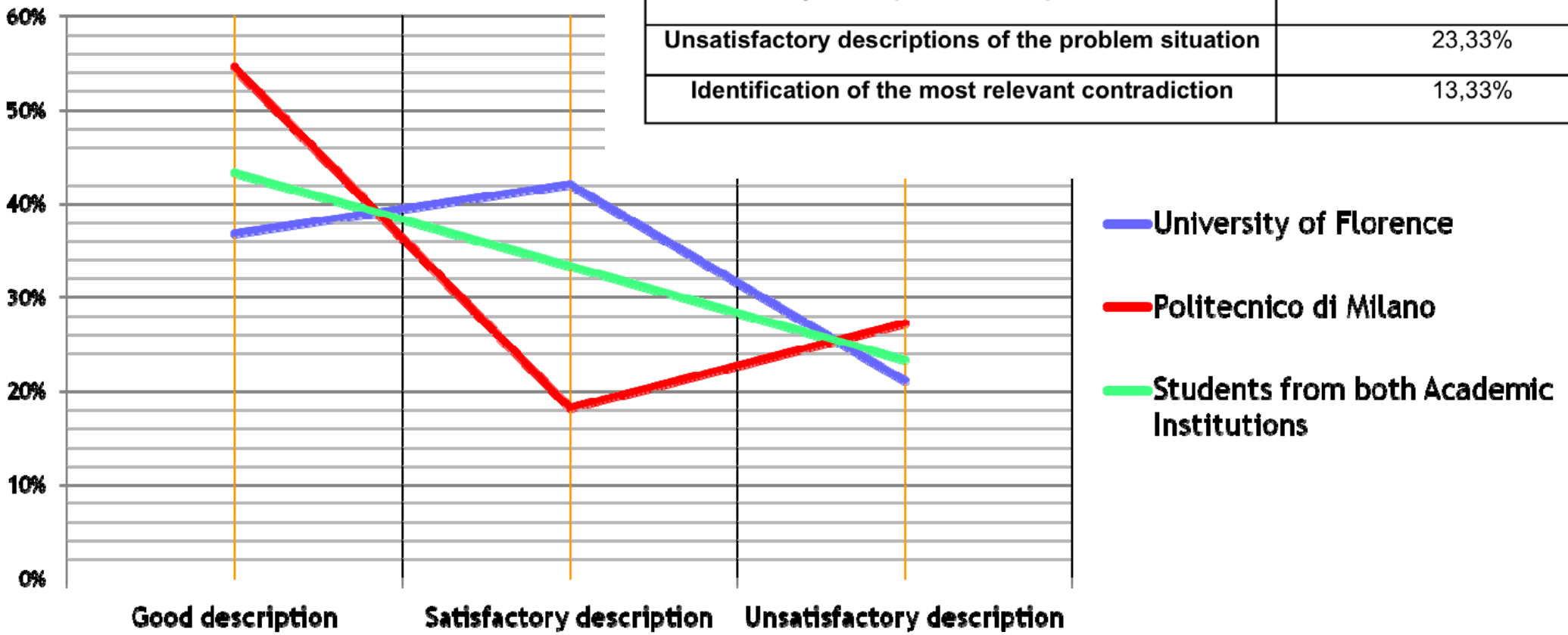
- 事例
  - A. 工程上、支障をきたすことなく、タンクに陽極処理を施すためのエネルギー消費量を減らす
  - B. 食品業界向けのX線検査システムにおける、フリンジカーテンの極端な磨耗
  - C. コンプレッサーを使用せずに、大きなシリンダーからいくつかの小さなシリンダーに、酸素を漏らすことなく移し変える

- 各々の問題構造はユーザの解釈によるが、各事例は以下のようにモデル化すると期待される。
  - 事例Aは、典型的なTRIZ矛盾、または特定の性能が要求される状況
  - 事例Bは、明確にマイナス効果を示しているが、優先的に矛盾としてモデル化される
  - 事例Cは、新しい性能の実現か既存のものの改良に向かって問題解決者は焦点を絞る

有効性の確認 ：大学における予備テスト

- 対話ベースアルゴリズムは以下の学校の学生により3事例で予備テストされた:
  - ミラノ工科大学
  - フィレンツェ大学
- 結果

	Percentage of students [%]
Completed procedure	63,33%
Good descriptions of the problem situation	43,33%
Satisfactory descriptions of the problem situation	33,33%
Unsatisfactory descriptions of the problem situation	23,33%
Identification of the most relevant contradiction	13,33%

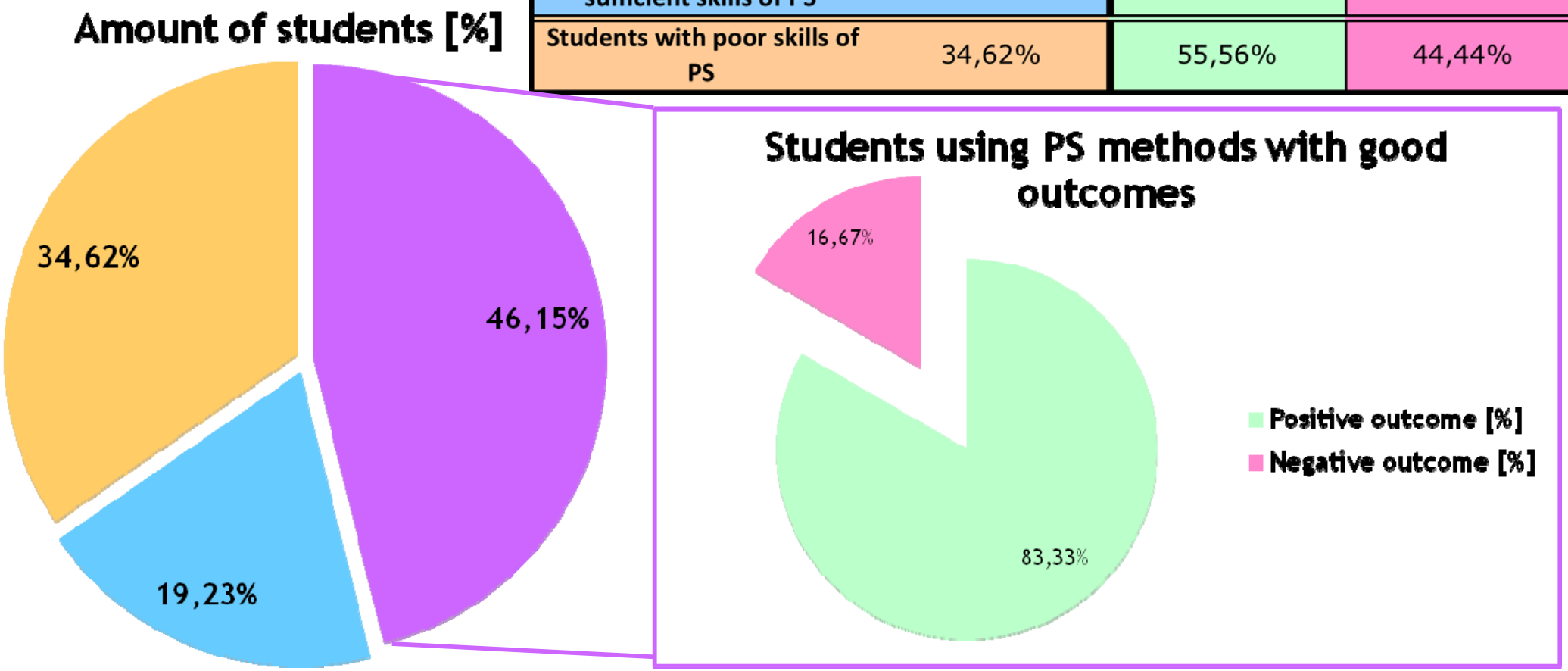


有効性の確認 ：大学における予備テスト

- 対話ベースアルゴリズムは以下の学校の学生により3事例で予備テストされた:
  - ミラノ工科大学
  - フィレンツェ大学

	Amount of students [%]	Positive outcome [%]	Negative outcome [%]
Students using PS methods with good outcomes	46,15%	83,33%	16,67%
Students with limited but sufficient skills of PS	19,23%	80,00%	20,00%
Students with poor skills of PS	34,62%	55,56%	44,44%

- 結果

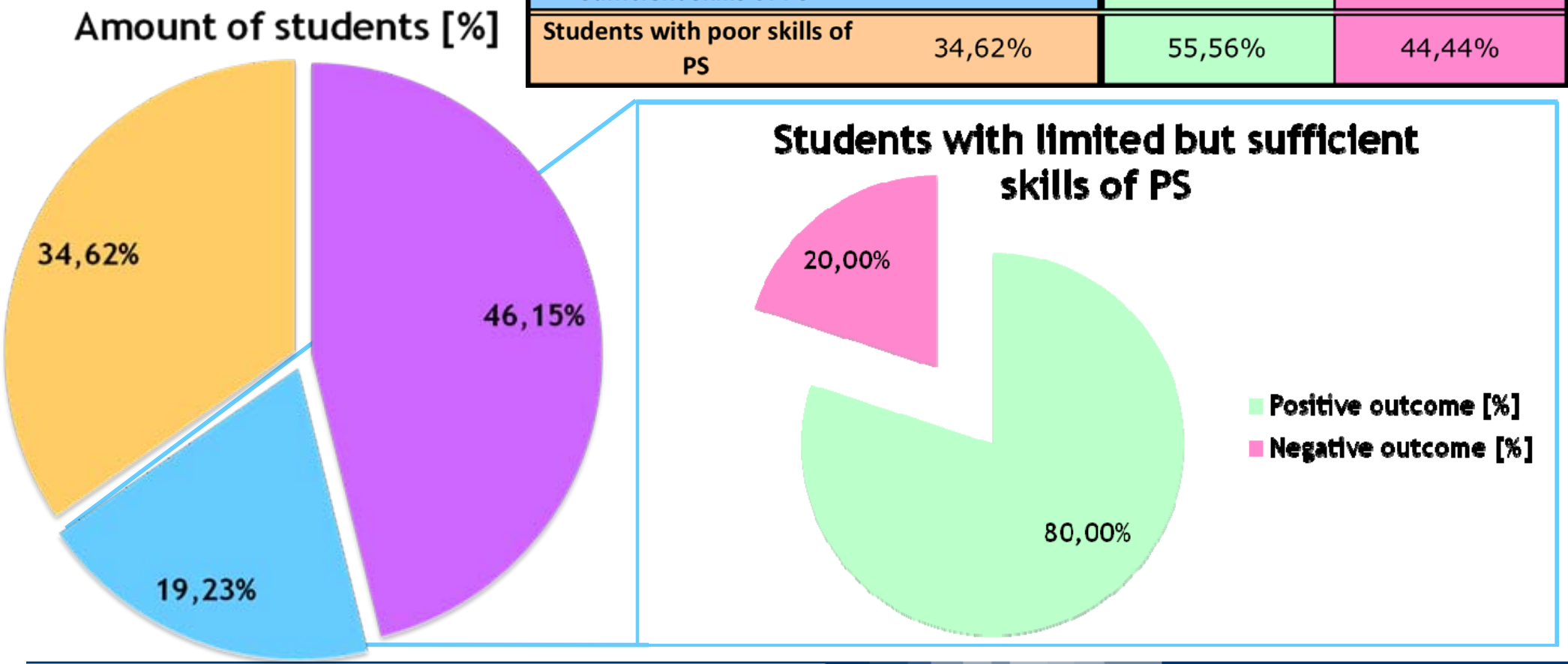


有効性の確認 ：大学における予備テスト

- 対話ベースアルゴリズムは以下の学校の学生により3事例で予備テストされた:
  - ミラノ工科大学
  - フィレンツェ大学

	Amount of students [%]	Positive outcome [%]	Negative outcome [%]
Students using PS methods with good outcomes	46,15%	83,33%	16,67%
Students with limited but sufficient skills of PS	19,23%	80,00%	20,00%
Students with poor skills of PS	34,62%	55,56%	44,44%

- 結果

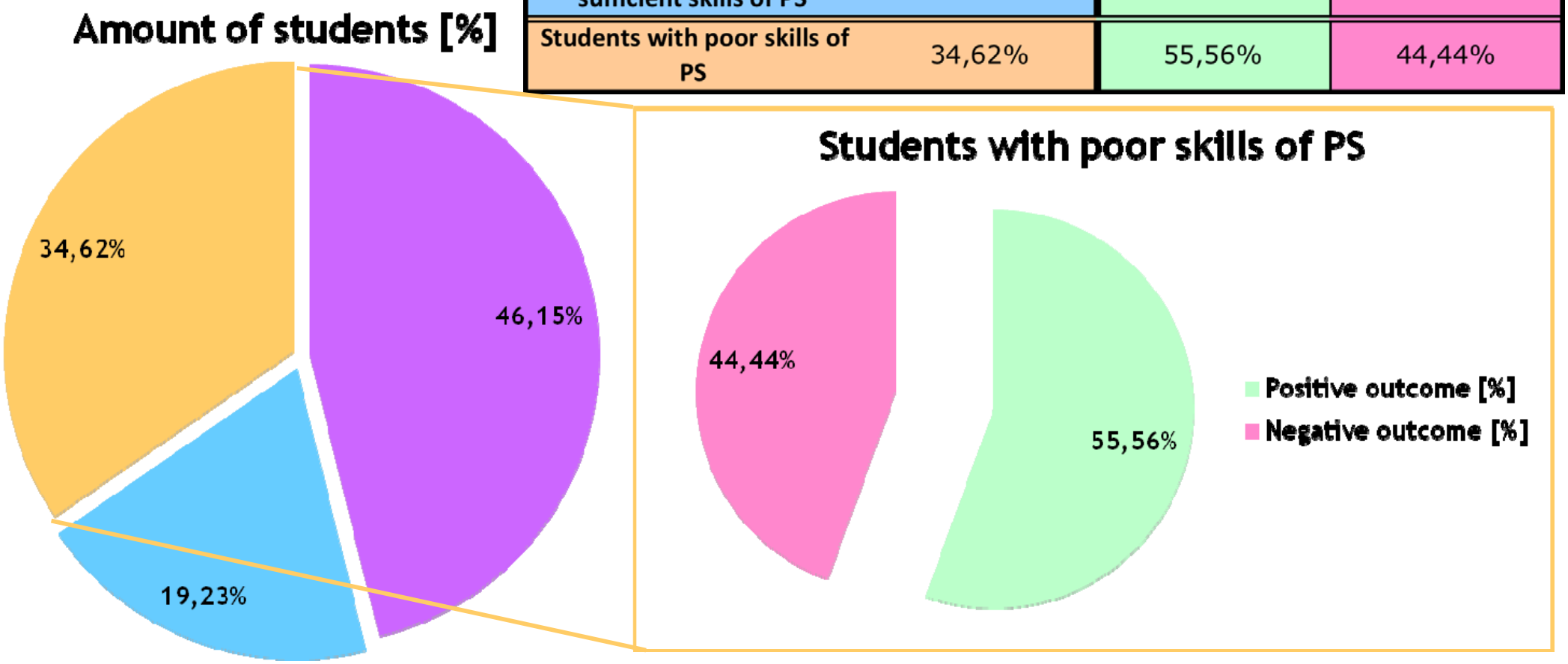


有効性の確認 ：大学における予備テスト

- 対話ベースアルゴリズムは以下の学校の学生により3事例で予備テストされた:
  - ミラノ工科大学
  - フィレンツェ大学

	Amount of students [%]	Positive outcome [%]	Negative outcome [%]
Students using PS methods with good outcomes	46,15%	83,33%	16,67%
Students with limited but sufficient skills of PS	19,23%	80,00%	20,00%
Students with poor skills of PS	34,62%	55,56%	44,44%

- 結果



業界事例におけるテスト

- 対話ベースアルゴリズムは異なる産業分野で活躍している3社において、各社事例でさらにテストされた。
  - スピーカー生産
    - 特定の問題：スピーカの膜生産のための製造プロセス
  - 関節鏡検査のデバイス生産
    - 特定の問題：人間の関節のための革新的な関節鏡検査装置の設計
  - 義足
    - スポーツで使用する時に、ユーザの快適さを増すための、義足の各コンポーネントの軽量化
- 予備的結果
  - 主問題を明確にする状況分析
  - TRIZの一連の知識による最低1つの矛盾定義
  - 望ましい解決法の主要特性の定義
- 今後の展開
  - 十分な特許検索を行った後の十分な有効性の確認

EDI progetti & sviluppo

B&C SPEAKERS®

ROADRUNNERFOOT engineering s.r.l.

結論

- 対話ベースアルゴリズムは学生および業界の技術者、双方から肯定的な結果が示された。
- 対話ベースシステムは個人の知識力を高めるために体系的なガイドで構成される。
- 外部の知識を用いる問題解決プロセスへのサポートに関するテストは、 カスタマイズされた分野のシソーラスの統合を通じて、同様に行われている。
- より大規模な有効性の確認とプロセスの改良を計画している。
  （産業界の協力を歓迎）