

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

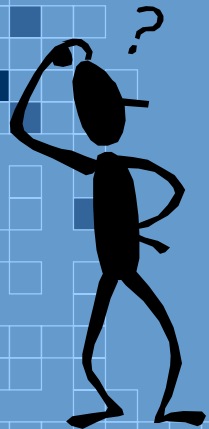
Reflexive Induktive Inferenz rekursiver Funktionen

Gunter Grieser
TU Darmstadt

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Beispiel: automatisches Übersetzen

Computer sind aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Oft verrichten sie ihren Dienst unbemerkt im Hintergrund. In den Fällen jedoch, in denen Menschen mit ihnen kommunizieren müssen, geschieht dies häufig auf erschreckend komplizierte Weise. Trotz der rasanten Entwicklung der Hard- und Software herrscht in der Computerbranche leider oft noch immer die "Lötkolben- und Schraubendreher-Philosophie" vor. Anstelle freundlicher, intelligenter Helfer finden die Nutzer kalte Kästen und Strippen vor, müssen mittels Tastatur und Maus umständlich ihre Wünsche artikulieren, um letztendlich auf einer schreibblockgroßen Scheibe feststellen zu müssen, daß sie doch mißverstanden wurden.

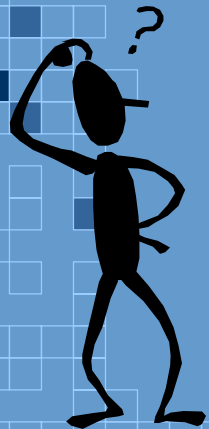


Компьютеры не должны быть представленными настоящей жизнью отныне. Часто они делают свою незамеченную службу в заднем плане. В случаях, между тем, в котором люди должны общаться с ними, это прибывает часто способа alarmant усложненный. Несмотря на материал(оборудование) скорого развития и программное обеспечение всегда "soudant железо и философия отвертки" царит в информационной отрасли(ветви), к несчастью, часто прежде. Вместо дружеской, умной помощи пользователи находят холодные сейфы и демонтаж, должны соединить посредством клавиатуры и мыши неловко свои пожелания быть обязанный обнаруживать наконец на защитном большом диск, писать, что, тем не менее, они были плохо поняты(включены).

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Beispiel: automatisches Übersetzen

Computer sind aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Oft verrichten sie ihren Dienst unbemerkt im Hintergrund. In den Fällen jedoch, in denen Menschen mit ihnen kommunizieren müssen, geschieht dies häufig auf erschreckend komplizierte Weise. Trotz der rasanten Entwicklung der Hard- und Software herrscht in der Computerbranche leider oft noch immer die "Lötkolben- und Schraubendreher-Philosophie" vor. Anstelle freundlicher, intelligenter Helfer finden die Nutzer kalte Kästen und Strippen vor, müssen mittels Tastatur und Maus umständlich ihre Wünsche artikulieren, um letztendlich auf einer schreibblockgroßen Scheibe feststellen zu müssen, daß sie doch mißverstanden wurden.



Die Computers sollen vorgestellt kein vorliegendes (echtes) Leben von nun an sein. Oft machen sie seinen (ihren) nicht bemerkten Dienst im Hintergrund. Für die Fälle (Zufälle), inzwischen, in dem sich die Leute mit ihnen umgehen sollen, es kommt oft der Weise alarmant kompliziert an. Ungeachtet des Materials (Stoffs) (die Ausrüstung) der schnellen Entwicklung und die Software immer "soudant das Eisen und die Philosophie des Schraubenziehers" im informativen Zweig (der Zweig), unglücklicherweise, ist früher oft. Anstelle der freundschaftlichen, klugen Hilfe finden die Benutzer die kalten Safes und die Demontage, sollen mittels der Tastatur und der Maus seine (ihre) Wünsche verbinden, endlich auf die Schutz-grosse Disk (Platte) zu sein verpflichtet zu entdecken, zu schreiben, dass, nichtsdestoweniger,

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Beispiel: automatisches Übersetzen

Computer sind aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Oft verrichten sie ihren Dienst unbemerkt im Hintergrund. In den Fällen jedoch, in denen Menschen mit ihnen kommunizieren müssen, geschieht dies häufig auf erschreckend komplizierte Weise. Trotz der rasanten Entwicklung der Hard- und Software herrscht in der Computerbranche leider oft noch immer die "LötKolben- und Schraubendreher-Philosophie" vor. Anstelle freundlicher, intelligenter Helfer finden die Nutzer kalte Kästen und Strippen vor, müssen mittels Tastatur und Maus umständlich ihre Wünsche artikulieren, um letztendlich auf einer schreibblockgroßen Scheibe feststellen zu müssen, daß sie doch mißverstanden wurden.



„Ich kann das nicht“

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Zielstellungen

Ausstatten von Computern mit Fähigkeit zur
Introspektion und Reflexion



Einschätzung der eigenen Kompetenz



Lernende Computer



Formales Modell der (Reflexiven) Induktiven Inferenz



Untersuchungen, Ergebnisse, Einsichten

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Gliederung des Vortrages

- Motivation
- Was ist Lernen?
- Was ist Reflexion?
- Eigenschaften reflexiver Lernverfahren
 - reflexive im Vergleich mit Standarderkennungstypen
 - Einordnung in Hierarchie
 - Einfluß der Informationsreihenfolge
- Einsichten und Diskussion

Gunter Grieser:
*Reflective inductive inference of
recursive functions*
Proc. ALT 2002, Springer Verlag

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Motivation: Erkennen von Regularitäten

- Spieler U
 - denkt sich eine Transformationsvorschrift f aus
 - legt sukzessive Verhalten von f offen
- Spieler L
 - muß f erkennen
 - äußert Vermutungen

```
Eingabe: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...  
Ausgabe: 0 1 2 3 4 5 5 5 5 5 5 ...
```

- plaziert Wetteinsatz R

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Modell

- Funktionen über nat. Zahlen zu lernen
- Beispiele: (x,y) mit $y=f(x)$
- Beispielfolgen: $(x_0,y_0), (x_1,y_1), (x_2,y_2), \dots$
 - präsentiert werden Anfangsstücke
 - Menge aller Anfangsstücke für Funktionen aus Klasse C : $[C]$
- Hypothesen: Programme
 - interpretiert bzgl. universeller Programmiersprache ρ
 - Programm h bedeutet Funktion ρ_h

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Standard-Erkennungstypen

- IIM M **lernt** Funktion f **im Limes** gdw.
 - die Folge der Hypothesen von M konvergiert gegen korrekte Beschreibung von f
($\lim_{n \rightarrow \infty} M(f[n])=h$ und $\rho_h=f$)
- M lernt Funktionenklasse C gdw. M lernt jede Funktion $f \in C$
- Menge aller im Limes lernbaren Funktionenklassen: **LIM**
- **CONS**: $\forall \tau \in [f]$: alle Hypothesen zusätzlich konsistent
- **R-CONS**: $M \in \mathfrak{R}$ und $\forall \tau \in [f]$: alle Hypothesen konsistent
- **T-CONS**: $M \in \mathfrak{R}$ und $\forall \tau \in [\mathfrak{R}]$: alle Hypothesen konsistent
- **FIN**: nur eine einzige Hypothese

LIM \supset CONS \supset R-CONS \supset T-CONS # FIN

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Was ist Kompetenz einer IIM?

- Kompetenz einer IIM: Menge von Funktionen
 - aber: IIM „sieht“ nur Anfangsstücke
- 2 Modelle der Kompetenzeinschätzung:

Refutable Inductive Inference

Y. Mukouchi and S. Arikawa:
*Inductive Inference Machines
that can Refute Hypothesis
Spaces.*
Proc. ALT 1993, Springer-
Verlag.

Reflective Inductive Inference

K.P. Jantke:
*Reflecting and Self-Confident Inductive
Inference Machines.*
Proc. ALT 1995, Springer-Verlag.

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Was ist Kompetenz einer IIM?

- Kompetenz einer IIM: Menge von Funktionen
 - aber: IIM „sieht“ nur Anfangsstücke
- Anfangsstück τ ist **akzeptabel** für C gdw. $\tau \in [C]$
- Anfangsstück τ ist **inakzeptabel** für C gdw. $\tau \notin [C]$
- Beispielfolge σ ist **akzeptabel** für C gdw. σ ist Beispielfolge für eine Funktion aus C
- Beispielfolge σ ist **inakzeptabel** für C gdw. ein Anfangsstück $\sigma[x]$ ist inakzeptabel

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Reflexion der Kompetenz

Reflexionsfunktion berechnet 1 (stimmt zu) oder 0 (weist ab) für jedes Anfangsstück einer Beispielfolge

Reflexion **im Limes** (für Funktionenklasse / für IIM)

- konvergiert auf allen akzeptablen Beispielfolgen gegen 1
- konvergiert auf allen inakzeptablen Beispielfolgen gegen 0

optimistische Reflexion:

weist niemals akzeptables Anfangsstück ab

pessimistische Reflexion:

stimmt niemals inakzeptablem Anfangsstück zu

exakte Reflexion: optimistisch und pessimistisch

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Reflexives Lernen

reflexives Lernverfahren: (M, R)

- IIM M
- R ist Reflexionsfunktion für M

ET-RefI: Menge aller mittels reflexiver Verfahren *ET*-lernbaren Funktionenklassen

ET-oRefI: Menge aller mittels optimistisch reflexiver Verfahren *ET*-lernbaren Funktionenklassen

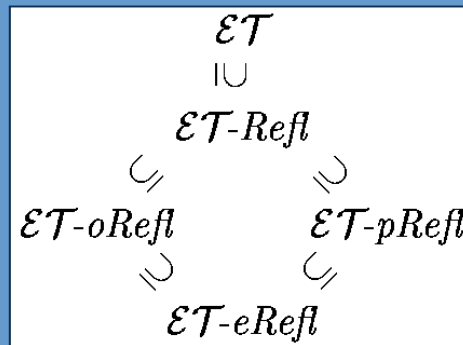
ET-pRefI: Menge aller mittels pessimistisch reflexiver Verfahren *ET*-lernbaren Funktionenklassen

ET-eRefI: Menge aller mittels exakt reflexiver Verfahren *ET*-lernbaren Funktionenklassen

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Fragestellungen

- Jedes Verfahren mit Reflexionsfähigkeit ausstattbar?
 - Wann/Warum?
- Einfluß des Reflexionsbegriffs

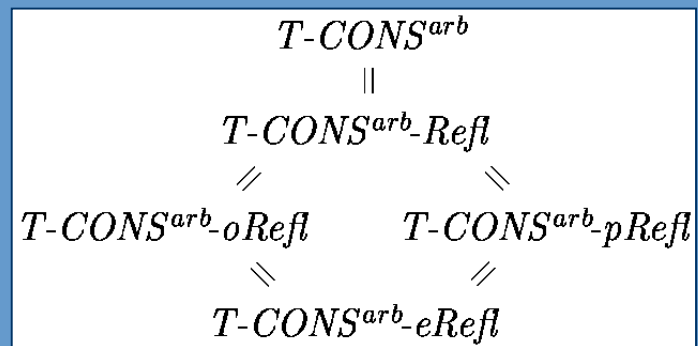
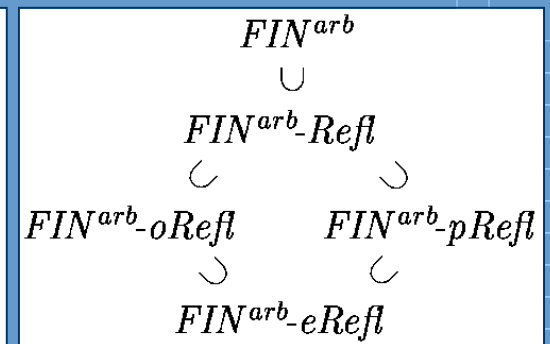
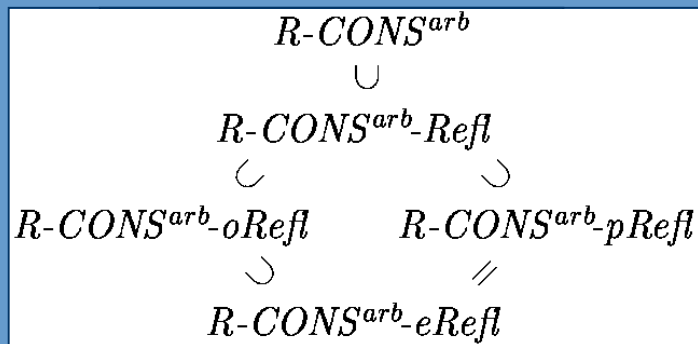
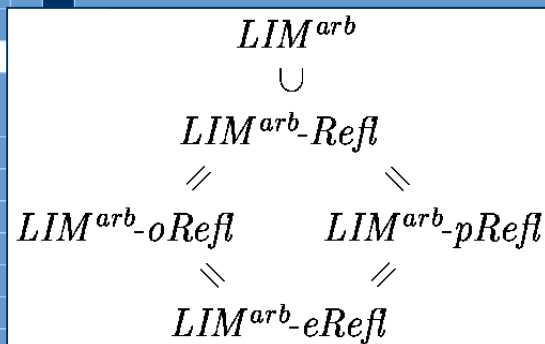
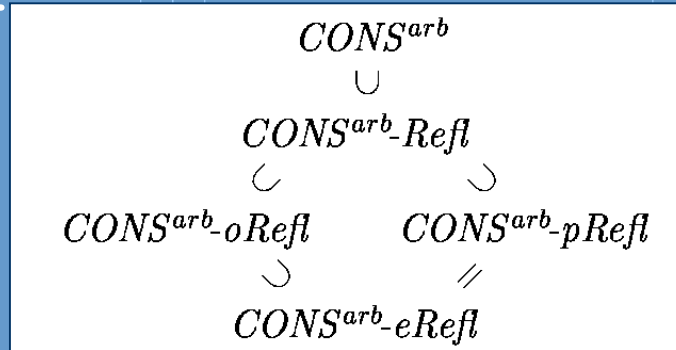


- Verhältnis der reflexiven zu den Standard-Erkennungstypen
- Einfluß der Reihenfolge der Informationspräsentation

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Zusammenspiel von Lernkriterien und Reflexionstypen

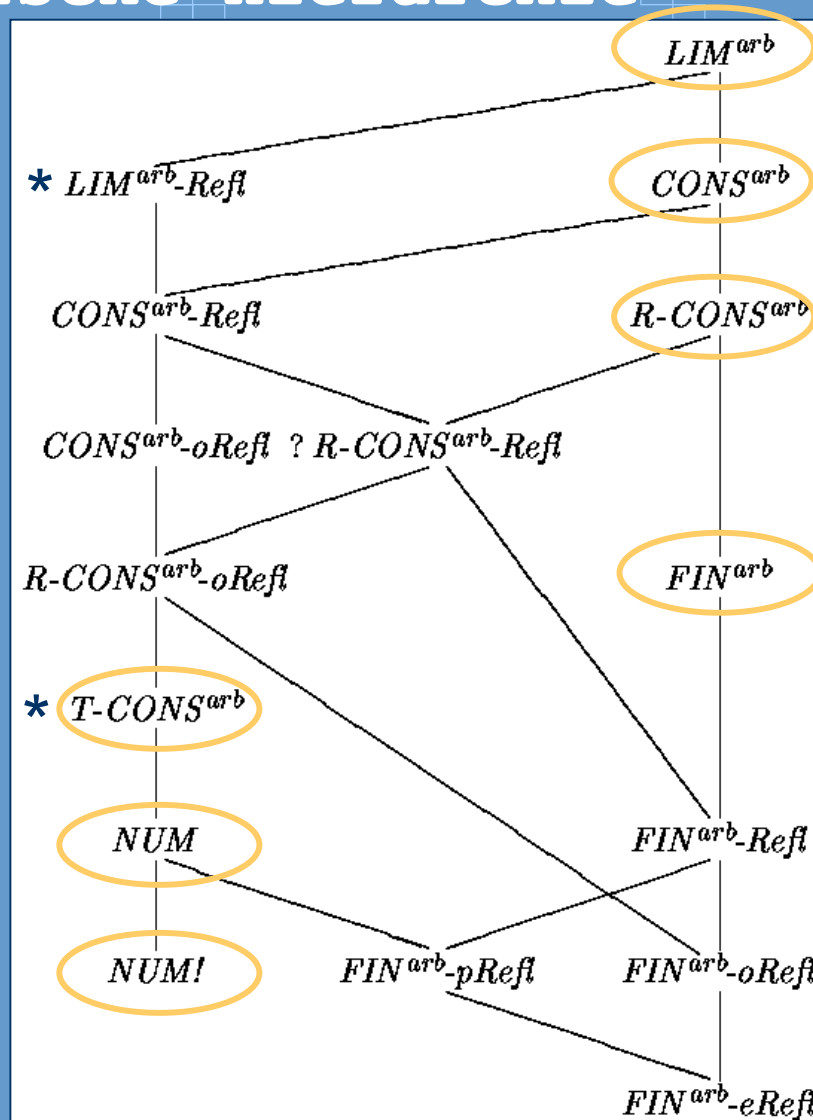
Bemerkung: oberen Index arb ignorieren



HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Einordnung der reflexiven Erkennungstypen in die klassische Hierarchie

Bemerkung: oberen Index arb ignorieren



HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Einfluß der Informationsreihenfolge

- LIM^{arb} : analog LIM, aber Forderungen nur für beliebige Beispielfolgen
- CONS, R-CONS, T-CONS, FIN analog

	<i>LIM</i>	<i>CONS</i>	<i>R-CONS</i>	<i>T-CONS</i>	<i>FIN</i>
$\mathcal{ET}^{arb} ? \mathcal{ET}$	=	\subset	\subset	\subset	=

K.P. Jantke and H.-R. Beick:
Combining Postulates of Naturalness in Inductive Inference.
EIK 17 (1981) 8/9, pp. 465 – 484.

Gunter Grieser:
Reflective inductive inference of recursive functions
Proc. ALT 2002, Springer Verlag

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Einfluß der Informationsreihenfolge

- LIM^{arb} : analog LIM, aber Forderungen nur für beliebige Beispielfolgen
- $CONS^{arb}$, $R-CONS^{arb}$, $T-CONS^{arb}$, FIN^{arb} analog

	<i>LIM</i>	<i>CONS</i>	<i>R-CONS</i>	<i>T-CONS</i>	<i>FIN</i>
$\mathcal{ET}^{arb} ? \mathcal{ET}$	=	\subset	\subset	\subset	=
$\mathcal{ET}^{arb}\text{-RefI} ? \mathcal{ET}\text{-RefI}$	=	?	?	\subset	=
$\mathcal{ET}^{arb}\text{-oRefI} ? \mathcal{ET}\text{-oRefI}$	=	?	?	\subset	=
$\mathcal{ET}^{arb}\text{-pRefI} ? \mathcal{ET}\text{-pRefI}$	=	\subset	\subset	\subset	=
$\mathcal{ET}^{arb}\text{-eRefI} ? \mathcal{ET}\text{-eRefI}$	=	\subset	\subset	\subset	?

HIGHLIGHTS of Algorithmic Learning

Zusammenfassung und Interpretation

- Verschiedene Formalisierungen von Kompetenzeinschätzung
- je nach Basistypen unterschiedliche Effekte
 - Zusammenfallen vs. Unterschiede einzelner Reflexionstypen
 - relative Ordnung der Erkennungstypen bleibt erhalten
 - wobei einige Typen zusammenfallen
- Informationsreihenfolge macht keinen Unterschied bzgl. relativer Ordnung
 - Vererbung der Eigenschaften der Basistypen

