

# سیستم‌های تولید

## تولید

یادآوری: تولید واژه‌ای است که در روانشناسی شناختی، برای تشریح روابط بین وضعیت‌ها و عمل‌ها استفاده می‌شود.

**If Situation Then Action**

## پیشینه و مرور سیستم‌های تولید

### 1- سیستم تولید پست (Post Production System)

**Post:** Proved in 1943 that any system of mathematics or logic can be described as a certain type of production system. Post production systems have no rule ordering or any form of control strategy.

نخستین بار توسط پست، در سال 1943 معرفی شد. موضوع شگفت‌انگیز در کار پست؛ هر سیستم ریاضی و یا سیستم منطقی را می‌توان به نوع خاصی از سیستم‌های تولید، تبدیل کرد.

مثال:

Unordered rule base.

$ba \rightarrow ab$

$ca \rightarrow ac$

$cb \rightarrow bc$

	Working mem.	Conflict set	Fired
0	cbaca	1,2,3	3
1	bcaca	2	2
2	bcaac	2	2
3	bacac	1,2	1
4	abcac	2	2
5	abacc	1	1
6	aabcc	{}	Halt

شکل 8-1: سیستم تولید پست

پرسش: به نظر شما، با توجه به شناختی که تا کنون از مفهوم سیستم‌های خبره یافته‌اید، در ایده پیشنهادی پست، چه نکته یا نکاتی فراموش شده‌است؟



نگار/متعارف چیست؟ خوابی نشوی بزرگ، روانی جاعت تو! حقت این است که کسی نخواهد نتایج متفاوت برداروش کفرش را تغییر ندهد! (آلبرت اینشتین)

## 2- الگوریتم مارکوف (Markov Algorithm)

**Markov:** Introduced rule ordering to production systems, the Markov algorithm.

مارکوف با ایجاد ساختار کنترلی، گام بعدی را در ایجاد سیستم‌های تولید برداشت. الگوریتم مارکوف، مجموعه مرتب‌شده از قوانین تولید است که هر یک بر اساس میزان اولویت، روی رشته ورودی اعمال می‌شوند.

پرسش: الگوریتم مارکوف، در چه حالت‌هایی متوقف می‌شود؟



مثال:

Ordered rule base.

1.  $ba \rightarrow ab$
2.  $ca \rightarrow ac$
3.  $cb \rightarrow bc$

	Working mem.	Conflict set	Fired
0	cbaca	1,2,3	1
1	cabca	2	2
2	acbca	3,2	2
3	acbac	1,3	1
4	acabc	2	2
5	aacbc	3	3
6	aabcc	{}	Halt

شکل 8-2: سیستم تولید با الگوریتم مارکوف

پرسش: الگوریتم مارکوف، چه ویژگی‌ها و مزایایی دارد؟ چه محدودیت‌هایی دارد؟



## 3- الگوریتم رته (Rete Algorithm)

**Forgy:** Introduced pattern matching to detect changes in matches, the Rete algorithm.

Compiles rule memory into networks that avoid duplication between rules and over time, as the network is updated only when the rule base is changed.

در سال 1979، چارلز فورجی از دانشگاه کارنگی ملون، الگوریتم رته را پیشنهاد داد که منجر به OPS شد.

OPS = Official Production System

OPS → OPS2 → OPS3 → OPS4 → OPS5 → OPS89 → ... CLIPS

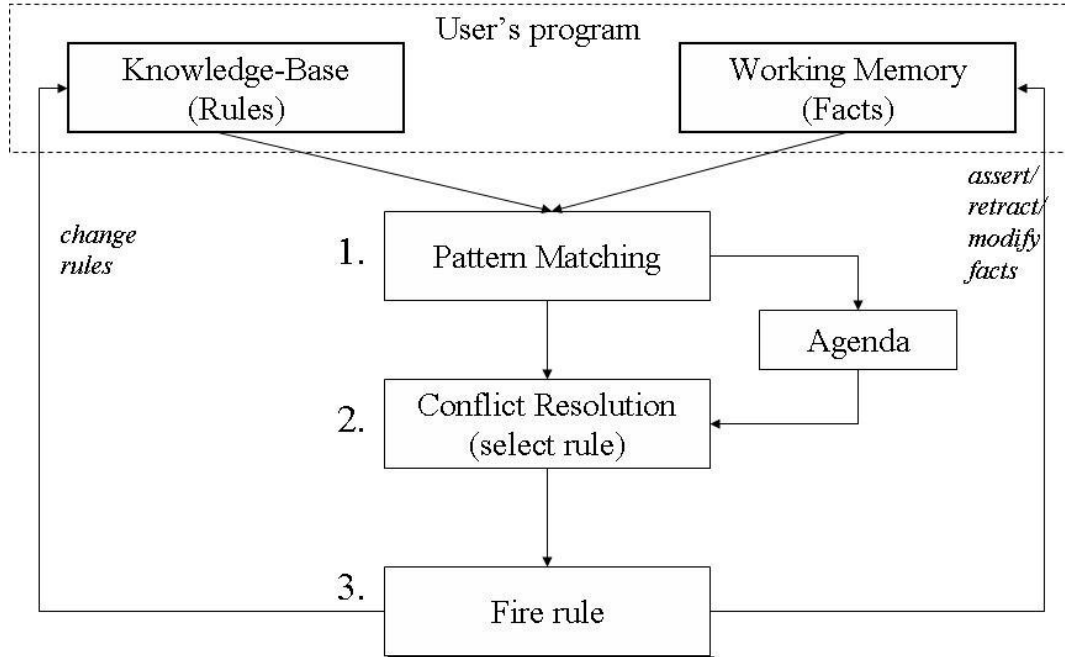
اطلاعات مربوط به قواعد (قانون‌ها یا همان تولیدها) در قالب شبکه، ذخیره می‌شود. بنابراین Rete یک گراف جهت‌دار، حلقوی و ریشه‌دار است. هر مسیر از ریشه تا برگ، سمت چپ قوانین است و هر گره، جزئیاتی که بر قوانین، منطبق هستند، ذخیره می‌کند. الگوریتم رته به جای سیکل تشخیص و اجرای همه قواعد، تنها به بررسی قواعدی می‌پردازد که تغییر کرده‌اند. به محض اینکه واقعیت‌ها عوض می‌شوند، واقعیت‌های جدید در رته از ریشه به سمت، برگ‌ها پخش می‌شوند.

**Note:** The **RETE algorithm** is a pattern matching algorithm for implementing production rule systems. It was designed by **Dr. Charles L. Forgy** of Carnegie Mellon University. RETE has become the basis for many popular expert systems, including **CLIPS, Jess, Drools and Soar**.



نکته: CLIPS یکی از پوسته‌هایی است که از الگوریتم رته، در موتور استنتاج خود بهره می‌گیرد.

CLIPS = C Language Integrated Production System, Design using the C programming language at NASA/Johnson Space Center with the specific purpose of providing high portability, low cost, and easy integration with external systems.



شکل 8-3: چرخه استنتاج در CLIPS

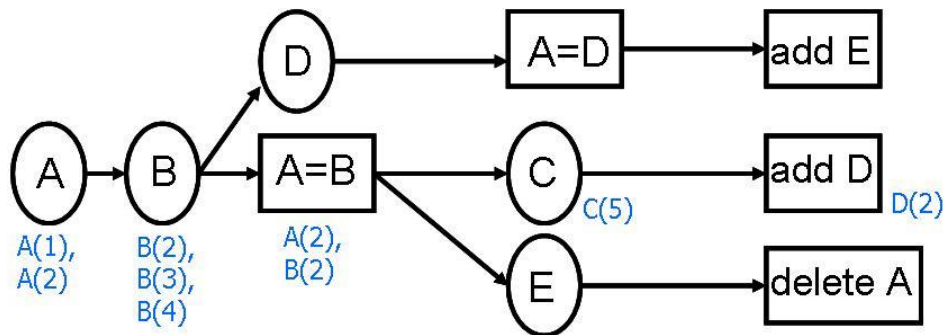
مثال: با فرض پایگاه دانش و حافظه کاری، شبکه رته را آنالیز کنید.

**Rule Memory:**

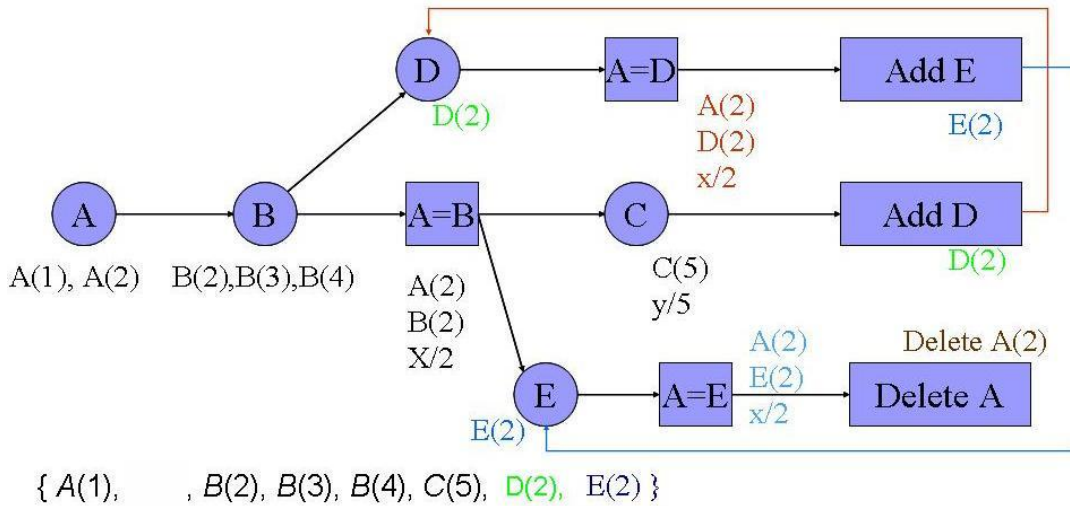
- $A(x) \wedge B(x) \wedge C(y) \Rightarrow \text{add } D(x)$
- $A(x) \wedge B(y) \wedge D(x) \Rightarrow \text{add } E(x)$
- $A(x) \wedge B(x) \wedge E(x) \Rightarrow \text{delete } A(x)$

**Working Memory:**

{A(1), A(2), B(2), B(3), B(4), C(5)}



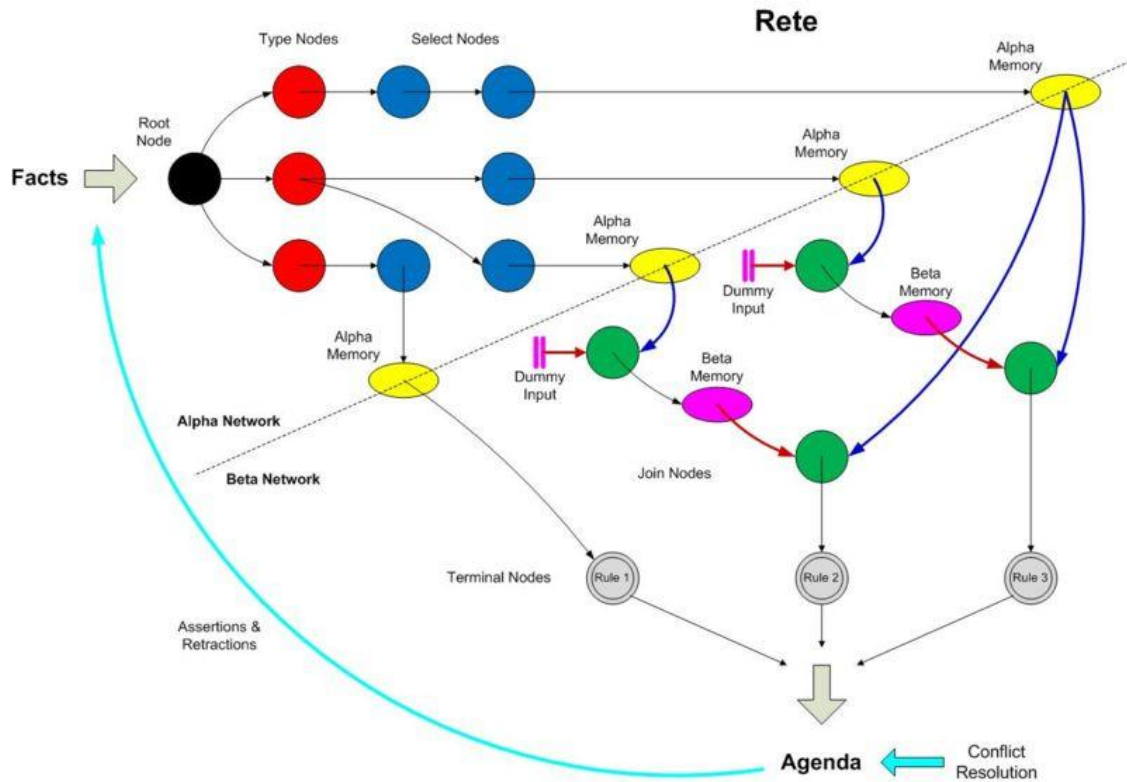
شکل 8-4: شبکه رته



شکل 5-8: تطبیق رته

تمرین‌ها

- تمرین 1-8: الگوریتم رته، دارای چه مشکلات و محدودیت‌هایی است؟ همراه با مثال توضیح دهید.
- تمرین 2-8\*: در الگوریتم رته، شبکه آلفا و شبکه بتا چه نقشی دارند؟ این دو شبکه، در روند الگوریتم رته چگونه عمل می‌کنند؟ با مثال توضیح دهید.



شکل 6-8: گراف رته و شبکه آلفا و شبکه بتا

- تمرین 3-8\*: بررسی کنید، امروزه الگوریتم رته در چه کاربردهایی به غیر از استنتاج استفاده شده است؟

بزرگترین خطر هنگام به‌وجود آمدن تغییرات، خودتغییرات نیستند بلکه عمل کردن با منطق یروز است. (پتر دراکر)