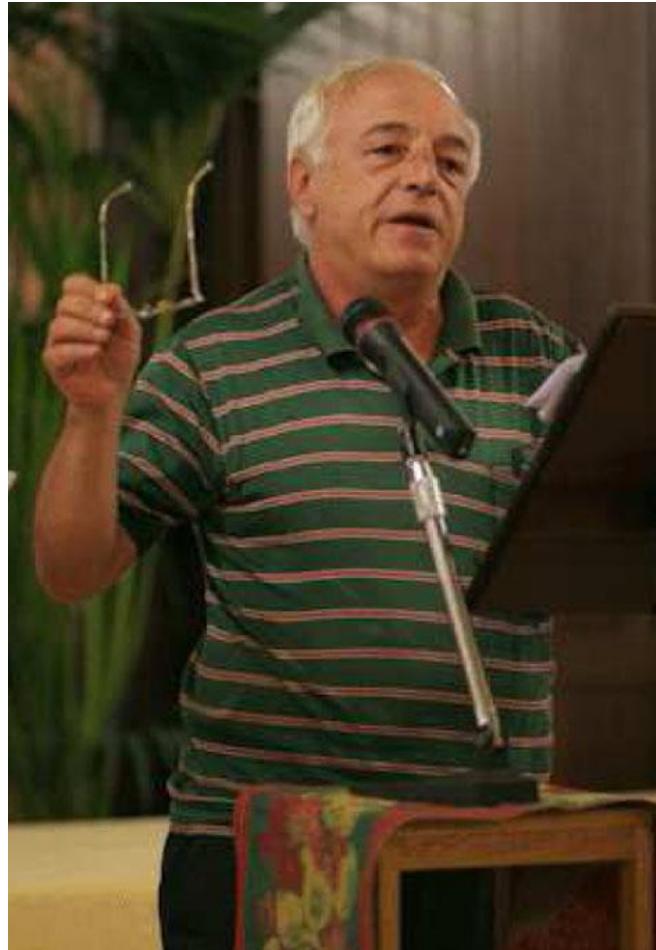


Dalla Cibernetica ai Linguaggi e ai Semigruppi

Antonio Restivo

Giornate di Informatica Teorica
dedicate alla memoria di Aldo de Luca
Roma, 11-12 Luglio 2019

Aldo professore



L' Attività Scientifica di Aldo

Pubblicazioni (1966 – 2016) :

108 Articoli su Riviste

35 Contributi su Proceedings di Conferenze

17 Articoli su Libri

3 Monografie

Principali Tematiche di Ricerca:

Reti Neurali

Complessità Algoritmica e Misure di Incertezza

Teoria degli Automi e dei Linguaggi

Teoria dei Codici

Teoria dei Semigruppi

Combinatoria delle Parole

Brevi Cenni Biografici

- **1964** Laurea in Fisica *cum laude* con una tesi sulla Relatività Generale.
- **1967-1980** Ricercatore CNR presso l' Istituto di Cibernetica di Arco Felice, Napoli.
- **1980-1985** Professore Ordinario di Algebra presso l' Università Federico II di Napoli.
- **1985-2003** Professore Ordinario di Informatica Teorica presso la Facoltà di Scienze dell' Università di Roma “La Sapienza”.
- **2003-2010** Professore Ordinario di Informatica Teorica presso la Facoltà di Scienze dell' Università di Napoli “Federico II”.
- **2012-2018** *Professor Emeritus* presso la Facoltà di Scienze dell' Università di Napoli “Federico II”.

Gli Anni della Formazione

- Tra la fine degli anni 50 e gli inizi degli anni 60 Napoli visse un periodo di eccezionale fermento scientifico (il Rinascimento scientifico Napoletano).
- I tre principali protagonisti di tale rinnovamento furono il biologo **Adriano Buzzati Traverso**, il fisico **Eduardo Caianiello** e il chimico **Alfonso Maria Liquori**. Essi avevano un progetto comune: realizzare un' *area della ricerca* e trasformare Napoli nella *città della conoscenza*.
- Nell'ambito della matematica, vi era ancora l'eco della straordinaria presenza di **Renato Caccioppoli**, geniale matematico e figura accademica anticonformista.
- In questo clima Aldo ha sviluppato una visione scientifica ampia e priva di steccati disciplinari.

La Scuola di Ravello

Nel 1964 si svolge a Ravello la International School on **Automata Theory**, con la partecipazione di:

Warren McCulloch

Martin Davis

Michel Rabin

Richard Buchi

M. P. Schutzenberger

Corrado Bohm

Alfonso Caracciolo di Forino

Claude Berge

Maurice Gross

Maurice Nivat

.....

Gli anni 60

E' il periodo delle ricerche più tipicamente "cibernetiche". Riguardano principalmente le **Reti Neurali**, e sono svolte soprattutto in collaborazione con **Eduardo Caianiello** e con **Luigi Maria Ricciardi**.

Aldo approfondisce anche diverse problematiche inerenti la cibernetica, come la **teoria della ricorsività**, la **teoria degli automi**, la **teoria dell'informazione**. Tale attività di studio e ricerca culmina (e trova una sintesi) con la monografia:

A. De Luca, L.M. Ricciardi
Introduzione alla Cibernetica
Franco Angeli, 1971

Gli anni 70

Inizia la collaborazione con **Settimo Termini** sulle **Misure di Incertezza**.

M.P. Schutzenberger nel 1973 è visiting presso l' Istituto di Cibernetica per un intero anno accademico. Sotto la sua influenza Aldo sviluppa i suoi interessi per l' approccio algebrico agli automi e ai linguaggi e per **la combinatoria delle parole**.

S. Eilenberg pubblica nel 1974 presso Academic Press il suo trattato “**Automata, Languages and Machines**”.

“**Nasce**” l' **Informatica Teorica**.

Il Colloquio di Arco Felice del 1978

Aldo organizza il colloquio “Non-Commutative Structures in Algebra and Geometric Combinatorics”, con la partecipazione di:

M.P. Schutzenberger, A. Lascoux, D. Perrin, J.F. Perrot, J.E. Pin, C. Choffrut, M. Curzio, C. Procesi, C. De Concini,

Nell’ *Editorial Note* dei Proceedings Aldo, illustrando la varietà di argomenti presenti nel volume, scrive:

“*Unifying point of vies of most of the papers are “le monoïde syntaxique” and “le monoïde plaxique” which, as a slogan propounded by M.P. Schutzenberger, can be considered “les mammelles” de l’Informatique Théorique*”

Anni 80 e 90

Professore di **Algebra Superiore** a Napoli (80 - 85)

Ha come allievi **Clelia De Felice** e **Arturo Carpi**.

Professore di **Informatica Teorica** a Roma (85 – 2003)

Ha come allievi **Stefano Varricchio** e **Flavio D'Alessandro**.

1992 Risolve in collaborazione con Varricchio la **congettura di Brzozowski**.

Inizia le ricerche sulle **parole Sturmiane**:

- On some combinatorial properties of Sturmian words (con **Filippo Mignosi**, 1994).
- Sturmian words: Structure, Combinatorics and their arithmetics, TCS (1997) 45-82.

Il Libro con Stefano Varricchio

“Finiteness and Regularity in Semigroups and Formal languages”
Springer, 1999.

Dalla prefazione del libro:

*The aim of this monograph is to present some recent research work on the **combinatorial aspects of the theory of semigroups** which are of great interest for both **algebra** and **theoretical computer science**. The research mainly concerns that part of **combinatorics of finite and infinite words** over a finite alphabet which is usually called the theory of “unavoidable” regularities.*

Il Ritorno a Napoli (2003 – 2018)

- Professore di Informatica Teorica all’Università di Napoli.
- Ha come allievi Alessandro De Luca e Michelangelo Bucci
- La **combinatoria delle parole** diventa l’interesse principale, seguendo due direzioni:
 - le **parole Sturmiane** (in collaborazione con A. De Luca e M. Bucci)
 - la **combinatoria delle parole finite** (in collaborazione con A. Carpi)
- Pubblica la monografia:

Aldo de Luca, Flavio D’Alessandro
Teoria degli Automi Finiti
Springer (2013)

The Top Nine Papers

- Decision equation for binary systems. Application to neuronal behaviour, *Kybernetik* 3 (1966) 33-40 (with E. R. Caianiello).
- Reverberations and Control of neural networks, *Kybernetik* 4 (1967) 10-18 (with E. R. Caianiello and L. M. Ricciardi).
- A definition of a non-probabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory, *Information and Control* 20 (1972) 301-31 (with S. Termini).
- Minimal complete sets of words, *Theoretical Computer Science* 12 (1980) 325-332 (with J. M. Boe and A. Restivo).

The Top Nine Papers

- A characterization of strictly locally testable languages and its application to subsemigroups of a free semigroup, *Information and Control* 44 (1980) 300-319 (with A. Restivo).
- On non-counting regular classes, *Theoretical Computer Science* 100 (1992) 67-104. (with S. Varricchio)
- On a conjecture of Brown, *Semigroup Forum* 46 (1993) 116-119 (con S.Varricchio).
- Sturmian words: Structure, Combinatorics, and their arithmetics, *Theoretical Computer Science* 183 (1997) 45-82.
- Words and special factors, *Theoretical Computer Science* 259 (2001) 145-182 (with A. Carpi).

I linguaggi SLT

A characterization of **strictly locally testable languages** and its application to subsemigroups of a free semigroup, *Information and Control* 44 (1980) 300-319 (with A. Restivo).

Un linguaggio L è SLT se esistono un intero positivo k e tre insiemi di parole P , S e F di lunghezza k tali che una parola w appartiene a L se

- il suo prefisso di lunghezza k appartiene a P
- il suo suffisso di lunghezza k appartiene a S
- tutti i suoi fattori di lunghezza k appartengono a F

R. McNaughton and S. Papert, *Counter-Free Automata*, MIT Press, 1971.

Il Monoide Sintattico

Dato un linguaggio $L \subseteq A^*$, il monoide sintattico di L , in simboli $M(L)$, è il più piccolo monoide M per cui esiste un **morfismo**

$$\varphi: A^* \rightarrow M$$

tale che $L = \varphi^{-1}(K_L)$, dove $K_L = \varphi(L)$ (φ “satura” L)

- Un linguaggio L è **regolare** se e solo se $M(L)$ è finito (Kleene).

Condizioni di finitezza di monoidi (problema di Burnside) e condizioni di regolarità di linguaggi.

- Un linguaggio regolare L è **Star-Free** se e solo se $M(L)$ ha solo sottogruppi banali (Schutzenberger).

Procedure algebriche di decisione.

Una Caratterizzazione dei Linguaggi SLT

Nozione di **costante** in un monoide (M.P. Schutzenberger, 1975)

Dati un monoide M ed un suo sottoinsieme K , un elemento $c \in M$ è una **costante per K** se, comunque presi $p, q, r, s \in M$,

$$p\bar{c}r, \quad q\bar{c}s \in K \quad \Leftrightarrow \quad p\bar{c}s, \quad q\bar{c}r \in K$$

Teorema. Un linguaggio L è **SLT** se e solo se **ogni idempotente** di M è una costante per K_L .

Permette di **decidere** se un linguaggio regolare è **SLT**.

Perché ci siamo occupati dei linguaggi SLT ?

Il Progetto Procuste (E. R. Caianiello, anni 60 e 70)

..... *The aim of the present work is precisely to make such an attempt, with reference to a problem which is only seemingly simple: that of learning to recognize and separate, without any prior knowledge, the syllables (not necessarily grammatical ones) in Italian words. The question is thus of constructing a program which, operating directly on a natural language, would automatically deduce the necessary instructions. How this may be done and with what limitations is shown in the following.....*

(The “Procustes Program” for the Analysis of Natural Languages,
Proc. NATO Summer School, 1968)

Il Progetto Procuste

A → · −

B → − · · ·

Il codice Morse

C → − · − ·

D → − − ·

Supponiamo di inviare messaggi nello spazio usando il codice Morse.

Un marziano (che non conosce il codice Morse) tenta di decifrare questi messaggi.

Ispeziona i messaggi annotando quali “diagrammi” occorrono, quali “trigrammi” occorrono, e così via. Cioè, per valori di k crescenti, annota quali siano i blocchi di lunghezza k presenti nei messaggi.

Il Progetto Procuste

Supponiamo, ad esempio, che i messaggi inviati siano composti solo dalle lettere A e D, come il seguente:

· — · — · — · · · — · · · — · — · · · — · · · —

Lunghezza	Blocchi proibiti (minimali)
-----------	-----------------------------

2	\emptyset
---	-------------

3	{ — — — }
---	-----------

4	{ · · · · , — — · — }
---	-----------------------

5	{ — · — · · }
---	---------------

6	\emptyset
---	-------------

Il processo **converge** !

L' insieme dei blocchi proibiti minimali

$$\{ \cdots \cdots, \text{---}, \text{---}\cdot\text{---}, \text{---}\cdot\text{---}\cdot\text{---} \}$$

fornisce una descrizione “completa” dei messaggi inviati.

Il Progetto Procuste

Supponiamo invece che i messaggi inviati siano composti solo dalle lettere A, B e C, come il seguente:

· — — · · · — · — · — · · · · — · — — · — · — · · · · —

In questo caso il processo **non converge**.

Perché nel primo caso il processo converge, e nel secondo caso no? Cosa **distingue** i due linguaggi L_1 e L_2 ?

$$L_1 = \{ \cdot - , - \cdots \}^* \quad L_2 = \{ \cdot - , - \cdots , - \cdots \}^*$$

$$L_1 \in \text{SLT} \quad L_2 \notin \text{SLT}$$

Splicing Systems

Modelli formali introdotti da **Tom Head** per descrivere la potenza generativa di alcuni processi di ricombinazione del DNA.

...NN**TCGA**NN...

...NN**AGCT**NN...

...NN**GCGC**NN...

...NN**CGCG**NN...

...NN**T****CGA**NN...

...NN**AGC****T**NN...

...NN**G****CGC**NN...

...NN**CGC****G**NN...

...NN**TCGC**NN...

.. NN**AGCG**NN...

...NN**GCGA**NN...

...NN**CGCT**NN...

Splicing Systems

Tom Head, Formal Language Theory and DNA: An analysis of the generative capacity of specific recombinant behaviors, Bulletin of Mathematical Biology, vol.49, 1987.

(“...I thank both Aldo de Luca and Antonio Restivo for helpful guidance to their results that are so fundamental for this work.”)

Per specifiche parole x , si introduce la **splicing rule** $r(x)$:

$$uxv, \ sxt \in L \Rightarrow uxt, sxv \in L$$

Teorema. La famiglia dei linguaggi generati da **simple H systems** coincide con la famiglia dei linguaggi **SLT**.

“Il teorema dell’abbraccio”

Si tratta di una condizione necessaria e sufficiente perché, dato un linguaggio $L \in \text{SLT}$, anche $L^* \in \text{SLT}$.

Aldo menzionava nelle nostre conversazioni questo risultato chiamandolo **“il teorema dell’abbraccio”**.

Tale **appellativo** si riferisce principalmente ad una **tecnica dimostrativa**, che contemplava la presenza di sequenze di fattori “annidate” dentro altri fattori. Da buon **napoletano**, Aldo accompagnava l’argomentazione con una gestualità che simulava un abbraccio.

Mi fa piacere pensare che con questo appellativo Aldo evocasse anche il periodo della nostra collaborazione e la nostra **amicizia**.

Aldo amico

