

Εργασία στη Βιοσημειωτική Β' Εξάμηνο

A SEMIOTIC ANALYSIS OF THE GENETIC INFORMATION SYSTEM

Charbel Niño El-Hani^a, João Queiroz^{a,b} and Claus Emmeche^c

**Ιωαννίδης Κωνσταντίνος
Κυπαρισσού Κρυσταλλία
Παπαχιλλέως Σωτήρης**

Ζερβού Μαρία
(περιορισμένη συμμετοχή)

Εισαγωγή	2
Σημειωτική ανάλυση των γονιδίων και γενετική πληροφορία – προσδιορισμός εννοιών .	3
Επίπεδα σημείωσης – ένα γενικό μοντέλο.....	3
Επίπεδα σημείωσης στο γενετικό πληροφοριακό σύστημα.....	7
Το γενετικό υλικό ως εργαλείο – φορέας προηγούμενης εμπειρίας προσαρμοστικών αλληλεπιδράσεων	8
Η μεταγραφή και η μετάφραση ως διεργασίες πραγματοποίησης των γονιδίων	10
Η μεταγραφή ως σημειωτική διεργασία	10
Η μετάφραση ως σημειωτική διεργασία.....	12
Μια σφαιρική εικόνα	13
Τι είναι τελικά η γενετική πληροφορία;	14

Εισαγωγή

Το κύτταρο είναι ο γενικός ερμηνευτής [boundary conditions] *The idea that the cell can be seen as a global interpreter to which a series of interpretative in the genetic information system are subordinated is dramatically reinforced subsystems by recent analysis of the functional organization of proteomes. For instance, Gavin et al. (2002) showed that the vast majority of the protein complexes in yeast are associated with one another, directly or indirectly, through common proteins. As a researcher told Sampedro (2004:61), it is as if 'the whole cell was a single machine.* [Εδώ παρατηρούμε την έννοια της ολότητας αλλά και της συνοχής, της οποίας ο χαρακτήρας είναι ενεργητικός. Βλέπουμε το κύτταρο να λειτουργεί ως μια ενιαία μηχανή, η οποία δρα ερμηνευτικά σε ένα σύμπλεγμα διεργασιών. Επίσης η αναγκαιότητα της συμμετοχής μιας κυτταρικής δομής συνεπάγεται την ύπαρξη μιας υπονοούμενης γνώσης στο κύτταρο (tacit knowledge)]

Δε μιλάμε για μια γραμμική διεργασία, αλλά ένα πολύπλοκο σύμπλεγμα διεργασιών, η ερμηνεία του γενετικού υλικού. *More than half of the protein complexes analyzed by Gavin et al. are involved in the genetic information system: transcription/DNA maintenance/chromatin structure (24%); RNA metabolism (12%); protein synthesis/turnover (14%); signaling (9%); and protein/RNA transport (5%). Even more interestingly, the multi-component cellular systems involved in transcription, RNA processing, and RNA transport do not form a simple linear assembly line, but a complex and extensively coupled network (Maniatis & Reed 2002). It is this network structure which makes it possible the coordination of the interpretative subsystems in the genetic information system by the cell. It is clear, then, that we cannot easily move from claims at the cell level to claims at the molecular level while pondering about which system is interpreting genes as signs. We think that these recent studies clearly show that, when a gene is interpreted, the interpretation process is indeed taking place at the cellular level, albeit multi-component molecular subsystems are necessary to this endeavor.* [Εδώ κατ'αρχήν παρατηρούμε ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των πόρων του κυττάρου αφιερώνεται στην επεξεργασία σημάτων, τα οποία ακολουθούν ένα πρότυπο πολυπλοκότητας, κατά το οποίο δεν παρατηρείται γραμμικότητα αλλά μια πολύπλοκη συμπλοκή διεργασιών. Αυτό μας δείχνει την πολυπλοκότητα του κυττάρου ως σύστημα η οποία είναι και αναμενόμενη, λόγω της αυτονομίας του.]

Μιλάμε για ερμηνεία του DNA μόνο στο πλαίσιο δράσης [δλδ στο επίπεδο του κυττάρου] *The idea that ultimately the whole cell participates in the network necessary for the interpretation that is demanded for the effect of a gene product to take place (cf. Emmeche & Hoffmeyer 1991) is further supported by the role of an impressive array of signaling pathways regulating the interpretation of Signs in DNA. As Fogle (2000:19) sums up, 'DNA action and function become meaningful in the context of a cellular system. Coding information in the DNA is necessary but insufficient for the operation of living systems.'* [Η ύπαρξη υπονοούμενης γνώσης, που κατά κάποιο τρόπο κρύβεται στην κυτταρική οργάνωση, θα πρέπει να προϋποτίθεται/ προϋπάρχει στη DNA περιγραφή – Επίσης παρατηρούμε την ανάδυση νέων ιδιοτήτων στο DNA όταν αυτό βρεθεί στο κατάλληλο κυτταρικό πλαίσιο δράσης.]

Υπάρχει κάτι παραπάνω στη γενετική πληροφορία από την απλή αλληλουχία των νουκλεοτιδίων. , *the biological meaningfulness of a gene, is found not only in DNA sequences in a chromosome. After all, there is more to genetic information than just a sequence of nucleotides in DNA. We will have to include the effect of the gene-as-a-Sign on the cell or organism, and, in fact, the very role of cellular subsystems as interpreters of strings of DNA, in such a way that they relate Signs to specific Dynamical Objects, proteins which play a function inside the cellular system and have an effect on it or on the organism of which the cell is a part.*

Σημειωτική ανάλυση των γονιδίων και γενετική πληροφορία – προσδιορισμός εννοιών

Τι πρόκειται να μας προσφέρει μια σημειωτική ανάλυση της μεταγραφής και της μετάφρασης; [Απ : Πρώτον, πιθανές νέες προβλέψεις, δεύτερον θα μας ξεκαθαρίσει τί είναι η γενετική «πληροφορία»] *First, does this analysis lead to new predictions about genetic and cellular systems? This is not the case for the moment being, but the use of the semiotic concepts and tools employed here to analyze other features of the genetic information system as well as other, less well-known information systems in living beings, such as the epigenetic cellular and organismic information systems (see Jablonka 2001, 2002), may eventually result in new predictions. Second, does the semiotic analysis developed here lead to new insights into genetic and cellular systems? We believe the answer is in the affirmative, as this analysis allows us to explain more precisely what is ‘information’ in the genetic information system. This conclusion will become clearer after we refine the semiotic analysis of genes and genetic information.* [Αυτά τα ερωτήματα είναι θεμελιώδη για τη χρησιμότητα του νέου μοντέλου που εισαγάγουν οι συγγραφείς του άρθρου, καθώς και επιδεικνύουν την αναγκαιότητα για τη χρησιμοποίησή του]

Επίπεδα σημείωσης – ένα γενικό μοντέλο

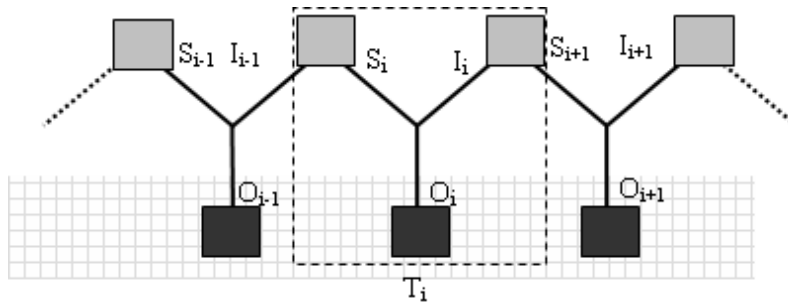
Ο Salthe επηρεασμένος από τον Peirce δίνει μια ιεραρχική διάσταση στην αναπαράσταση των φυσικών οντοτήτων : *we will model semiosis at three levels at a time, on the grounds of Salthe’s (1985) ‘basic triadic system’, clearly influenced by Peirce (see also Queiroz & El-Hani 2004, forthcoming). The basic triadic system plays a fundamental role in Salthe’s ‘hierarchical structuralism’, conceived by him as a coherent and heuristically powerful way of representing natural entities.* [Το μοντέλο του Salthe, γνωστό από τη Θεωρία των Συστημάτων, έρχεται να αποτελέσει τον κορμό πάνω στον οποίο θα στηριχτεί η περιγραφή του νέου μοντέλου.]

Πώς δουλεύουμε με το τριαδικό ιεραρχικό σύστημα του Salthe : *(i) to consider it at the level where we actually observe it (‘focal level’) [διεργασίες εστιακού επιπέδου –*

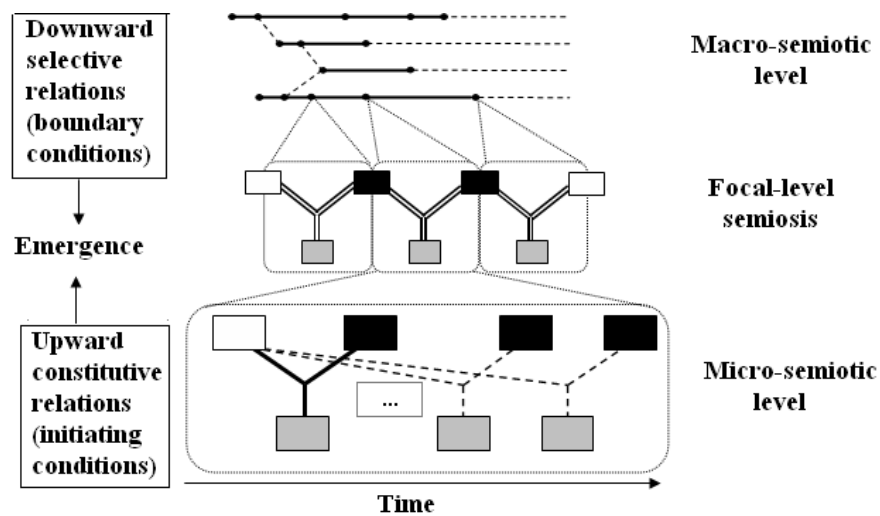
το επίπεδο στο οποίο παρατηρείται η σημείωση]; (ii) to investigate it in terms of its relations with the parts described at the next lower level; [αρχικές συνθήκες- upward causation – context related constraints] and (iii) to take into account entities or processes at the next higher level, in which the entities or processes observed at the focal level are embedded [συννοριακές συνθήκες – downward causation] Both the lower and the higher levels have constraining influences over the dynamics of the entities and/or processes at the focal level. These constraints allow us to explain the emergence of entities or processes (e.g., semiosis) at the focal level. At the lower level, the constraining conditions amount to the ‘possibilities’ or ‘initiating conditions’ for the emergent process, while constraints at the higher level are related to the role of a (selective) environment played by the entities at this level, establishing the boundary conditions that coordinate or regulate the dynamics at the focal level. [Όλες οι διεργασίες κάθε επιπέδου της ιεραρχίας περιορίζονται και λαμβάνουν χώρα σύμφωνα με τους νόμους του αμέσως ανώτερου επιπέδου. Η συστημική θεωρία, ως γνωστόν, υποστηρίζει την ιδέα της κατερχόμενης σχέσης αιτίας και αιτιατού (downward causation). Οι νόμοι που κυβερνούν το σύνολο (whole) περιορίζουν της συμπεριφορά των επιμέρους στοιχείων του. Η λογική αυτή είναι πολύ εμφανής και έχει εφαρμογή στο παραπάνω παράδειγμα που δίνουν οι συγγραφείς του άρθρου. Επίσης όμως, βλέπουμε ότι το σύνολο περιορίζεται σε κάποιο βαθμό από τα επιμέρους στοιχεία του (upward causation), αλλά ταυτόχρονα, τα στοιχεία του συνόλου επηρεάζονται από αυτό (downward causation). Έτσι έχουμε το εστιακό επίπεδο, το επίπεδο που παρατηρείται η σημείωση να δέχεται τις επιδράσεις από το μικροσημειωτικό και το μακροσημειωτικό επίπεδο.]

Ποιος καθορίζει ποιον : *According to Peirce, the Interpretant is determined by the Object through the mediation of the Sign (I is determined by O through S) (Peirce MS 318:81). This is a result from two determinative relations: the determination of the Sign by the Object relatively to the Interpretant (O determines S relatively to I), and the determination of the Interpretant by the Sign relatively to the Object (S determines I relatively to O) (De Tienne 1992).* [Το σύστημα είναι τριαδικό και οι σχέσεις μεταξύ των επιμέρους στοιχείων δεν μπορούν να αναχθούν σε δυαδικές – είναι ένα ερωτικό τρίγωνο από οποίο δεν υπάρχει διέξοδος.(!)]

Όταν μιλάμε για σημειωτική τριάδα, θα πρέπει να την τοποθετούμε μέσα σε μια αλυσίδα τριάδων: *In the micro-semiotic level, we consider that, given the relative positions of S, O, and I, a triad $t_i = (S_i, O_i, I_i)$ can only be defined as such in the context of a chain of triads $T = \{...$,
This is the reason why semiosis cannot be defined as an isolated triad; it necessarily involves chains of triads. [Το ερμηνευμένο είναι ταυτόχρονα το τρίτο μέλος μιας τριαδικής σχέσης και το πρώτο μέλος ως σημείο της επόμενης τριαδικής σχέσης.]*



Για να βάλουμε τη θεώρηση του Salthe στο σημειωτικό πλαίσιο θα πρέπει να κάνουμε την εξής αντιστοίχιση : *we should analyze semiosis by considering three levels at a time: Each chain of triads will be located at a focal level, and, correspondingly, we will talk about focal-level semiotic processes. **Micro-level semiotic processes** will involve the relations of determination within each triad. **Macro-level semiotic processes** will involve networks of chains of triads, in which each individual chain is embedded. **Focal-level semiosis** will emerge as a process through the interaction between micro- and macro-semiotic processes, i.e., between the relations of determination within each triad and the embedment of each individual chain in a whole network of sign processes.* [βλ. Σχήμα 9 Εδώ παρατηρούμε την αντιστοίχιση του μικροσημειωτικού επιπέδου, του εστιακού επιπέδου και του μακροσημειωτικού επιπέδου, πάνω στην ιεραρχική δομή.]



Εισαγωγή καινούργιων όρων ώστε να διαλευκανθεί η έννοια της δυνατότητας : *We need to consider, then, the distinction between potentiality and actuality in the context of our analysis. For this purpose, we introduce the definitions of potential Signs, Objects,*

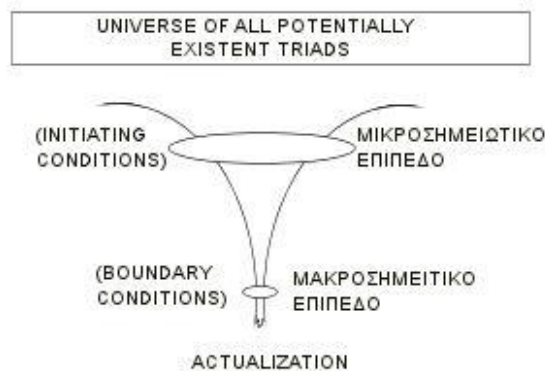
and Interpretants. A 'potential Sign' is something that may be a Sign of an Object to an Interpretant, i.e., it may stand for that Object to an Interpretant. A 'potential Object', in turn, is something that may be the Object of a Sign to an Interpretant. And, finally, a 'potential Interpretant' is something that may be the Interpretant of a Sign, i.e., it may be an effect of that Sign. [Εδώ περνάμε από τη δυνατότητα στην πραγματοποίηση. Εδώ κρύβεται η γνωστή από τη Θεωρία των Συστημάτων έννοια του περιορισμού. Έτσι κατά την υλοποίηση ενός εν δυνάμει ερμηνευμένου έχουμε τον περιορισμό του συστήματος από τις πολλές δυνατότητες στην μία, αυτή που θα πραγματοποιηθεί.

Το κατώτερο επίπεδο δεν σταντάρει πλήρως τις αλυσίδες των τριάδων στο εστιακό επίπεδο αλλά χρειάζεται και τον επιλεκτικό ρόλο του υψηλότερου επιπέδου [συνοριακές συνθήκες] *We should consider, then, a whole set W of possible determinative relations between these three elements, which can generate, in turn, a set of possible triads. These triads cannot be fixed, however, by the micro-semiotic level, since it establishes only the initiating conditions for chains of triads at the focal level. To fix a chain of triads, and, consequently, the individual triads which are defined within that chain, boundary conditions established by the macro-semiotic level should also play their selective role.* [Το μόνο που προκαθορίζεται από τον δομικό προκαθορισμό είναι ο χώρος όλων των πιθανών κατηγοριών των αλληλεπιδράσεων. Έτσι χρειαζόμαστε τις συνοριακές συνθήκες που καθορίζονται από το μακροσημειωτικό επίπεδο, και οι οποίες έχουν έναν επιλεκτικό/περιοριστικό ρόλο.



Τι είναι αυτό που τελικά θα παραχθεί από την όλη διαδικασία; *networks of chains of triads constitute a semiotic environment or context which plays a fundamental selective role for the actualization of potential chains of triads. Chains of triads are actualized at the focal level by a selection of those triads which will be effectively actualized amongst those potentially engendered at the micro-semiotic level.*

Ποια η όλη σημασία της σημείωσης στο εστιακό επίπεδο στην εξελικτική διαδικασία και πώς δρουν πάνω σε αυτήν οι αρχικές και οι συνοριακές συνθήκες; *Considering the dynamics of semiotic processes at the focal level, we can say that the temporal evolution of such processes is determined by events of actualization of potential chains of triads and potential triads. Triads are actualized, realizing a specific chain at the focal level, through the operation of two constraints. First, potential determinative relations (initiating conditions) at the micro-semiotic level constrain the universe of potential chains of triads, given that the whole set W of possible determinative relations between potential Signs, Objects, and Interpretants is always smaller than the universe U of all potentially existent triads. That is, given the initiating conditions established at the micro-semiotic level, a given chain of triads realized at time t will be among the elements of a set $W = U - x$ of potential chains of triads that might be actualized at t . Then, a second kind of constraint acts on the set W , namely, the boundary conditions established by the macro-semiotic level, in the context of which a given chain of triads will be effectively realized. The boundary conditions will select, among all the potential chains of triads which could be realized from the set W of potential determinative relations S-O-I, a specific chain $T_i = \{..., t_{i-1}, t_i, t_{i+1}, \dots\}$ to be actualized.*¹⁹



Επίπεδα σημείωσης στο γενετικό πληροφοριακό σύστημα

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα του FN γονιδίου, πώς περνάμε από την δυνατότητα στην υλοποίηση; [για να αλληλεπιδράσεις θα πρέπει να περιοριστείς] *Let us consider the string of DNA corresponding to the FN gene (with all its exons and introns) in a given cell (Figure 3). In this case, each codon in the FN gene is a potential Simple Sign standing for one specific amino acid as its potential Simple Immediate Object, given the rules of the genetic code. The FN gene is a potential Composite Sign in DNA, which can have a range of effects on cells as interpreters. In a given cell, one of these effects will be actualized, i.e., a Dynamical Interpretant of a Dynamical Object, a FN isoform encoded*

by the FN gene. When the FN gene, as a potential Composite Sign which can undergo alternative splicing, is actualized, a particular splicing pattern will be selected among all possible patterns that might be selected. Thus, a particular sequence of amino acids (Composite Immediate Object) will be selected and reconstructed (Dynamical Interpretant) among all possible sequences of amino acids that might be synthesized in that cell type and developmental state (the range of interpretability, the Immediate Interpretant of the Composite Sign). That Immediate Object will, then, indicate a particular Dynamical Object, say, the fibroblast FN isoform.

Το DNA είναι ένα εν δυνάμει Σύνθετο Σημείο το οποίο μπορεί ή όχι να γίνει δραστική/λειτουργική πληροφορία. Αν αυτό ισχύει τότε τι σημαίνει για το DNA ως προς την «πληροφορία» που φέρει; *To inquire further into the idea that a non-transcribed reading frame in DNA is nothing but a potential Composite Sign, consider a hypothetical situation in which the FN gene remain non-transcribed in all states of a given cell, in any given time t. In this case, the FN gene and the codons composing it will never effectively act as Signs; rather, they will remain potential. The string of DNA containing these codons will always remain as a silent structure that might – potentially – engage in the process of becoming effective information. As we interpret what is a gene from a semiotic standpoint, an exciting conclusion is suggested from the very beginning, namely, that information in a gene is not an entity, but a process. If this is the case, then DNA will not ‘harbor’ or ‘carry’ information as sequences of nucleotides (which are entities, after all), but only the potentiality of engaging in processes by means of which the form of an Object can be communicated to an Interpretant, i.e., what we call here ‘potential information’. [Αυτό σημαίνει ότι η πληροφορία στο γονίδιο δεν είναι μια οντότητα, αλλά μια διεργασία. Έτσι και το DNA κυοφορεί εν δυνάμει πληροφορία/ έσω διαμόρφωση του κυττάρου. Το DNA δε κάνει κάτι στο κύτταρο, αλλά το κύτταρο κάνει πράγματα με το το DNA.]*

Το γενετικό υλικό ως εργαλείο – φορέας προηγούμενης εμπειρίας προσαρμοστικών αλληλεπιδράσεων

Και επίσης ως προς την εξέλιξη των ειδών : *Similarly, DNA sequences can be regarded as ‘fossilized’ Signs that represent within the system past interactions with its surroundings in such a way as to have significant, i.e., adaptive consequences for the system’s future dynamics. DNA sequences are just physical carriers of past experience, i.e., ‘fossils’, potential Signs. When they are put into effective action in a cell (rather than act on their own), they become part of an effective triadic process, by which they can have an effect on a cell by irreducibly involving also Objects and Interpretants. Επίσης : The unseen gene is as silent as the unseen fossil. Collateral evidence – about expressed genes or neighboring disclosed fossils – supports our claim about the possible existence of unseen, silent, potential Signs. A potential Sign is information that does not – yet – have an effect on the interpreter, but has the power to do so in the future, in a given interpretative context. [Εδώ έχουμε το DNA να δρα ως μόριο μνήμης στην εναλλαγή ψηφιακού-αναλογικού κώδικα, με σκοπό να διατηρεί την αυτονομία του συστήματος. Αυτό το πετυχαίνει δίνοντας τη δυνατότητα στο κύτταρο να διατηρεί στη μνήμη του*

ικανότητες προσαρμογής ως προς το περιβάλλον. Έτσι μπαίνει στον κύκλο της αυτονομίας, όπου το κύτταρο δρα προθετικά και με τελικό σκοπό ώστε πρώτον να διατηρεί την αυτονομία του, αλλά και να μπορεί να αλλάζει τις προσαρμοστικές του αναπαραστάσεις ως απάντηση σε μια αλλαγή του περιβάλλοντος. Βλέπουμε ότι τελικά η ποικιλία του DNA είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή την οποία παρατηρούμε ως έκφραση ενός συγκεκριμένου φαινοτύπου. Τα γονίδια τα οποία πραγματοποιούνται (actualized) είναι ένα μόνο μέρος του γενετικού υλικού το οποίο όμως είναι και το τμήμα αυτό που μπορεί να εκφραστεί στη δεδομένη στιγμή. Έτσι περνάμε από τη μέγιστη ποικιλία στην πραγματική ποικιλία του συστήματος. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι επειδή υπάρχει αυτός ο περιορισμός [ό,τι μένει από την μέγιστη ποικιλία αν αφαιρέσουν την ποικιλία που εκφράζεται] δεν υπάρχουν και οι κατάλληλες συνθήκες έτσι ώστε τμήμα αυτού του γενετικού κώδικα να υλοποιηθεί σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο δράσης. Έτσι τμήματα του γενετικού υλικού που δρουν ως απολιθώματα, φέρουν κάποια εν δυνάμει πληροφορία που όταν έρθει στο κατάλληλο πλαίσιο δράσης θα εκφραστεί. Έτσι αυτά τα τμήματα του γενετικού υλικού θα μπορούσαν να είναι λειτουργικά για το σύστημα, από τη στιγμή που θα ικανοποιούν τη γενικότερη λειτουργία του να συνεισφέρουν και να διευκολύνουν τη διατήρηση της ύπαρξης του συστήματος.]

Λειτουργία του DNA ως εργαλείο προβλεψής μελλοντικών καταστάσεων [βλ. Πρόσθια τροφοδότηση – Νόμος αναγκαίας ποικιλίας] . *The representation of experience as a quasi-stable dynamical pattern, as a 'fossil', renders the system anticipatory, endowing it with the capacity of operating with models of possible future states.* [Γνωρίζουμε ότι : Όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία των διαθέσιμων ενεργειών ενός ελεγκτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία των παρενοχλήσεων που μπορεί να αντισταθμίσει. Έτσι καταλαβαίνουμε τον καιρίο ρόλο που παίζει το γενετικό υλικό στην αύξηση και βελτιστοποίηση των προβλεπτικών ικανοτήτων του κυττάρου.]

Το μυστικό της όλης υπόθεσης που μας έκρυβε ο Αργύρης τόσο καιρό : *It is not the case at all that we are claiming that the genetic information system might be prescient in some sense or another. It is just that, if the selective regimen for a given lineage remains stable in the relevant variables, the past selective events – i.e., the past events of differential survival and reproduction – endow the future generation with 'fossils', potential Signs in DNA, which are traces of adaptive interactions between a system and its surroundings, and are likely (but not surely) to create conditions for successful future interactions.* [Εδώ υπάρχει μια καινούργια θεώρηση : η πιθανότητα να έχουμε αναστροφή του δόγματος ότι «η πληροφορία ρέει από το γενετικό υλικό στις πρωτεΐνες». Οι συγγραφείς υπονοούν έναν πιθανό μηχανισμό κατά τον οποίο τα παρελθοντικά γεγονότα/ αλληλεπιδράσεις, για την επιβίωση και την αναπαραγωγή, χαρίζουν στις επόμενες γενιές απολιθώματα, δηλαδή εν δυνάμει σήματα στο DNA τα οποία είναι ίχνη προσαρμοστικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στο σύστημα και στο περιβάλλον του. Και είναι πιθανό, αλλά όχι βέβαιο ότι δημιουργούν συνθήκες για μελλοντικές επιτυχείς αλληλεπιδράσεις!]

Η μεταγραφή και η μετάφραση ως διεργασίες πραγματοποίησης των γονιδίων

Η βασική θέση της περιγραφής : *Transcription, RNA processing, and protein synthesis can be understood, in semiotic terms, as processes of actualization of potential signs in protein-coding genes.*

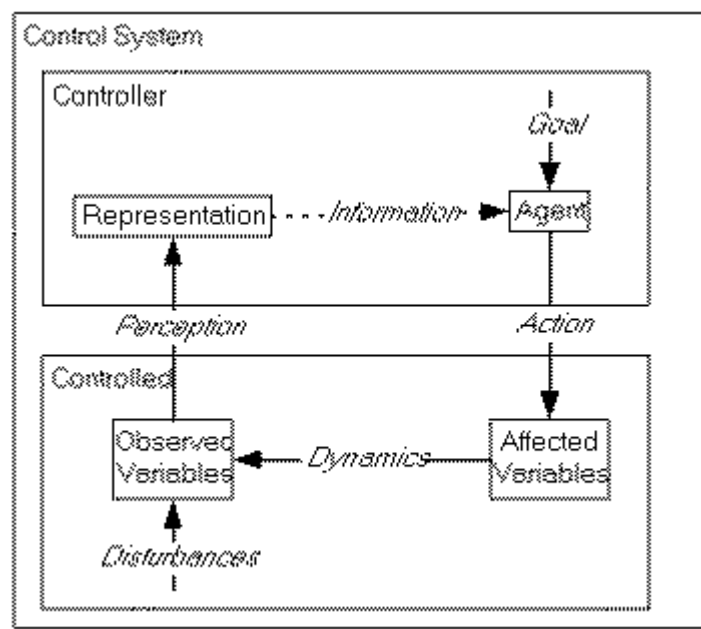
Συνδέοντας με τη θεωρία Salthe : *The actualization of a potential gene in a string of DNA depends on boundary conditions established by a higher-level semiotic network, a network of signaling processes, involving many chains of triads, which will regulate or coordinate gene expression, ultimately determining the likelihood of transcription of a given gene, or splicing of a given pre-mRNA according to a particular pattern, or chemical modification of a given protein in a manner that modulates its function in a particular way (e.g., a phosphorylation), and so . A variety of regulatory mechanisms studied in cellular and molecular biology can be thus interpreted as a macro-semiotic environment establishing boundary conditions which will downwardly determine which potential genes in a string of DNA will be turned into actual genes, into genes in effective action in a cell. These mechanisms determine which sequence of amino acids will be actually reconstructed (Dynamical Interpretant) among all those that might be reconstructed (Immediate Interpretant, the range of interpretability of a Sign) out of a string of DNA (Composite Sign). [Η πραγματοποίηση του εν δυνάμει γονιδίου εξαρτάται από τις συννοριακές συνθήκες που καθορίζονται από το ανώτερο επίπεδο του σημειωτικού δικτύου, που είναι ένα δίκτυο διεργασιών σημάτων. Η ποικιλία των ρυθμιστικών μηχανισμών που μελετάμε στην κυτταρική και μοριακή βιολογία, μπορεί έτσι να ερμηνευτεί, σαν ένα μακροσημειωτικό περιβάλλον, που καθορίζει τις συννοριακές συνθήκες, οι οποίες θα καθορίσουν σε κατερχόμενη σχέση ποιά εν δυνάμει γονίδια, σε μια ακολουθία DNA, θα γίνουν πραγματικά γονίδια με πραγματική δράση στο κύτταρο.]*

Η μεταγραφή ως σημειωτική διεργασία

Το Πρώτο βήμα - Η Μεταγραφή ως σημειωτική διεργασία: *The first step in the actualization of potential Signs in a string of DNA is transcription. This process turns the potential Signs in DNA into potential Signs in pre-mRNA.*

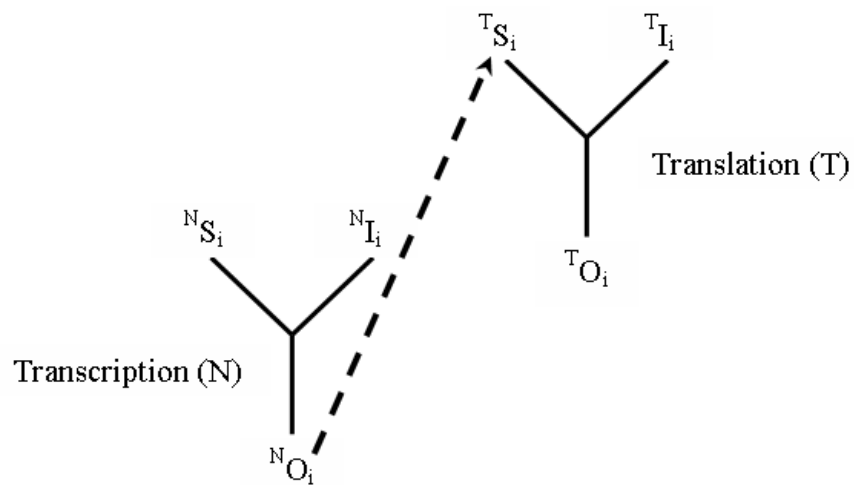
Τα ιεραρχικά επίπεδα ασκούν περιορισμούς στη μεταγραφή : *Transcriptional control is the major mechanism for regulating the production of a protein encoded by a given stretch of DNA, involving both repression and activation of specific genes in response to signals originating from the cell itself and, more often, from the extracellular environment. In terms of the general model presented above, this means that, as a first step in the actualization of potential Signs at the micro-semiotic level, transcription is constrained by boundary conditions established by networks of chains of triads (macro-semiotic level) which ultimately determines the likelihood of transcription of a given potential Sign in DNA.*

Η ρύθμιση κατά τη μεταγραφή είναι μια λειτουργία κατά την οποία επιλέγονται με μη τυχαίο τρόπο συγκεκριμένες αλυσίδες τριάδων, οι οποίες έχουν διασωθεί κατά τη διάρκεια της εξέλιξης, επειδή εξυπηρετούν το σκοπό του συστήματος. *Transcriptional regulation amounts to the selection (by the macro-semiotic environment) of a specific chain of triads to be actualized, among many potential chains that might be actualized in a given moment. Furthermore, transcriptional regulation is not at all a case of random selection, but rather the result of mechanisms selected in the course of the evolution of an organism, due to the differential fitness of varying responses of the cellular regulatory systems (as a cellular macro-semiotic environment) to boundary conditions or selective regimens established by the environment outside the cell, and outside the organism as a whole!* [ας δούμε την πρωτεινοσύνθεση σαν μια αμοιβαία σχέση ελεγκτή ελεγχόμενου – αλληλεπίδραση κυττάρου περιβάλλοντος]



Βάζοντας τα στοιχεία της μεταγραφής πάνω στο πλαίσιο του Pierce : *If we take a 'horizontal' view of transcription, we will see a mechanistic process in which RNA polymerase moves along a string of potential Simple Signs in DNA, triggering subsequent semiotic events, in which those potential Signs become part of triads including Objects and Interpretants. Let us focus first on a Simple Sign in DNA, i.e., a set of three nucleotides in a coding region (Figure 10). The Simple Immediate Object, by its turn, is a set of three nucleotides in mRNA. In our example, a codon in the FN gene is a potential Simple Sign that is actualized when that gene is transcribed. When a triad in transcription is actualized, the interpretative subsystem of the cell (as a global interpreter), RNA polymerase, moves to the next codon in the string of DNA, i.e., to the next Simple Sign.*

Το Άμεσο Αντικείμενο γίνεται σημείο της επόμενης σημειωτικής διεργασίας – της μετάφρασης : *If we take a ‘vertical’ view, we will consider the relationship between semiotic processes in transcription and translation. Then, we will see a dynamical process in which the Simple Immediate Object of each triad actualized in each step of transcription, i.e., a three-nucleotide sequence in mRNA, becomes a potential Simple Sign in the next Sign process in the actualization of a gene, translation*



Η μετάφραση ως σημειωτική διεργασία

Δεύτερο βήμα – Μετάφραση ως σημειωτική διεργασία με όρους Pierce : *The aminoacyl-tRNA synthetase establishes a relationship between one amino acid (the Simple Immediate Object) and all its cognate tRNAs (with specific three-dimensional structures as Signs) due to its capacity of specific recognition. This enzyme actualizes, thus, one of the rules expressed in the genetic code, the Immediate Interpretant of a Simple Sign. This actualization is the Dynamical Interpretant.[...] When a triad in this step of translation is actualized, the ribosome, as an interpretative subsystem, moves to the next codon in the string of mRNA, i.e., to the next Simple Sign.*

Τοποθετώντας πάλι την πρωτεϊνοσύνθεση μέσα στο σχήμα του Salthe : *As several processes in protein synthesis, including translation, protein folding, association of different polypeptide chains, and post-translational chemical modifications are often regulated, this step in the actualization of potential Signs in DNA is also constrained by boundary conditions established by networks of chains of triads in a macro-semiotic*

level, which select determinative relations between S, O, and I at the micro-semiotic level.

Οριζόντια και κάθετη μετάφραση : *Again, we can see these processes in a 'horizontal' or a 'vertical' view. Consider, first, the semiotic processes involved in the recognition of codons in mRNA by tRNAs. If we take a 'horizontal' view of this process, we will see, as in transcription, a mechanistic process consisting in the triggering of a sequence of Sign events by the movement of ribosomes along strands of mRNA. If we take a 'vertical' view of the relationship between semiotic processes in translation and in aminoacyl-tRNA synthesis, we will see a dynamical process in which the Simple Immediate Object of a triad, a tRNA with an anticodon that matches a codon in mRNAs, is also a potential Simple Sign²⁴ in the semiotic process in which a specific aminoacyl-tRNA is synthesized (Figure 13).*

Στο κωδικόνιο έναρξης παρατηρούμε το εξής παράδοξο : *την επικοινωνία μορφής μιας οδηγίας [κανόνας], ότι η μετάφραση θα πρέπει να ξεκινήσει. In this case, the Dynamical Interpretant is the actualization of a rule of the genetic code, by which AUG usually encodes methionine, and the Dynamical Object is the instruction that translation should be initiated. Παρόμοια λειτουργούν και τα κωδικόνια λήξης.*

Μια σφαιρική εικόνα

Στο επίπεδο όπου τα γονίδια είναι σημεία, οι τριαδικές σχέσεις που τα συνδέουν είναι γενετική πληροφορία. *As we argued above, if genes are treated as Signs, they can only have an effect on a cell through a triadic process which is genetic information,*

Συμπέρασμα : *The actualization of potential Signs in DNA requires a series of interpretative subsystems, such as RNA polymerases, ribosomes, aminoacyl-tRNA synthetases, etc. The regulatory influence of the macro-semiotic level, as a network of signaling processes, on interpretative subsystems, and, thus, on transcription, splicing, translation, shows that, in the end, we have to consider, the whole cell as ultimately participating in the network necessary for the actualization of potential genes in DNA (see section 5). The cellular network of chains of triads is, in turn, highly responsive to environmental factors, given the semi-open nature of living systems. [Εδώ θα θυμηθούμε το γεγονός ότι τα αυτόνομα βιολογικά συστήματα είναι θερμοδυναμικά ανοιχτά και οργανωσιακά κλειστά. Έτσι το περιβάλλον ασκεί κάποια επίδραση πάνω στα κυτταρικά δίκτυα, τα οποία είναι με τη σειρά τους υπεύθυνα για την πραγματοποίηση των εν δυνάμει γονιδίων στο DNA.]*

Γιατί όχι απλή μοριακή επικοινωνία, αλλά τριαδικές σχέσεις; *potential genes in DNA, are actualized in response to regulatory dispositions arising from a network of signaling pathways that elicit cellular specific responses to signals, i.e., to Signs arising from the extra- or intracellular environment.²⁷ A controlled, regulated answer by a cell is impossible without signaling. These relations cannot be understood only in terms of the molecular interactions taking place in the network of signal transduction, because the*

latter crucially involves triadic-dependent interpretative processes, as the widespread usage of information talk in modeling and explaining signaling pathways clearly suggests. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μιας και έχουμε να κάνουμε με τριαδικές σχέσεις, δε μπορούμε να μιλάμε για αλληλεπίδραση μορίων, και να ερμηνεύουμε έτσι την αντίδραση ενός κυττάρου ως προς τα σήματα του περιβάλλοντος. Οφείλουμε να βάλουμε στο παιχνίδι τριαδικά εξαρτώμενες ερμηνευτικές διεργασίες.

Τα μονοπάτια σήμανσης του κυττάρου παίζουν ρόλο συνοριακών συνθηκών. Signaling pathways in a cellular system play the role of establishing boundary conditions to processes at the focal- and micro-semiotic levels, downwardly selecting particular strings of DNA, potential genes, to be actualized, among all the potential Signs at the micro-semiotic level that might be actualized at a given time t.

Τι είναι τελικά η γενετική πληροφορία;

Που μπλέκεται η πληροφορία; Needless to say, there is nothing supernatural or at any rate mystical going on; it is just the case that semantic and pragmatic information plays a fundamental role in the lives of organisms, and information can be interpreted as a semiotic, triadic-dependent process, as we have argued throughout this paper.

Είναι τα γονίδια πληροφορία; A potential gene, as a potential Sign, is just one element in semiosis. This means that potential genes, as patterns in DNA, are not and, also, do not carry information. Rather, they are only the first correlates of a triadic-dependent process that we define here as information. Potential genes and, therefore, DNA, carry, harbor, convey only the potentiality of a process we call 'information'. [Προφανώς και όχι, τα γονίδια δεν είναι πληροφορία, ούτε μεταφέρουν πληροφορία, είναι μόνο το πρώτο κομμάτι μια τριαδικά εξαρτώμενης σχέσης, η οποία είναι η πληροφορία.]

Το γνωστό πλέον : Biologically speaking, the genetic material does not do things to the cell, but, rather, it is the cell, as an interpreter, that does something with the genetic material. [Ερχόμαστε πάλι εκεί που ξεκινήσαμε, ότι το κύτταρο είναι ο ερμηνευτής]

Από τις πρωτείνες στο γενετικό υλικό, η αντιστροφή του δόγματος : That potential gene, that fossilized Sign in DNA, will tend to be preserved by natural selection in the future generations of that lineage, in times t_2 , t_3 , ..., t_n , if the selective regimen remains the same in the significant variables affecting the survival and reproduction of the organisms at stake. The form of the Dynamical Object in t_1 increases the chance of the Sign indicating it being present in the next generation of interpreters, in t_2 , in high frequency. The form of the Dynamical Object is communicated to the interpreters in the future generations through the mediation of the Sign. It is in this sense that we can say that form is communicated, from an evolutionary perspective, from a functional protein, as a Dynamical Object, to a gene, as a Sign. Notice that we are not postulating any inversion of the central dogma (as if sequences of amino acids in proteins might determine sequences of nucleotides in DNA). We are referring, rather, to the effect of

functional proteins on the likelihood of certain Signs, certain genes, being present in future generations.

Που κρύβεται η πληροφορία; *A final argument should be offered to support the claim that information should be identified with a process by which a sign has an effect on an interpreter, and not with any single element of the triadic-dependent process itself.*

Είναι όλα αυτά σε αντίθεση ή σε συμφωνία με τη θεωρία της μοριακής βιολογίας; Ποιά είναι η διαφορά; *Furthermore, the account developed here is also in accordance with the general picture of genes and how they are expressed in molecular biology, with the fundamental difference that information is differently conceptualized.*

Τι κερδίζουμε αν δούμε την πληροφορία ως διεργασία και όχι ως οντότητα; *The conclusion that information is a process rather than an entity shows how a careful analysis of what is information in biological systems, based on a coherent framework such as that of semiotics, can indeed overcome a one-sided reliance on reductionist approaches to biology.*

Συμπέρασμα : Αυτή η νέα θεώρηση, ότι το κύτταρο είναι το πλαίσιο δράσης των γονιδίων, αποκαλύπτει/ ξεδιπλώνει νέες προβλέψεις σχετικά με τα γενετικά και κυτταρικά συστήματα. Επίσης, μας ξεκαθαρίζει περισσότερο τι είναι η γενετική πληροφορία. Τέλος δίνει κάποιους πιθανούς μηχανισμούς όσον αφορά στην εξέλιξη των ειδών.