

Specifiche Genesis

Marco Marini

January 4, 2022

Contents

I	Principi	3
1	Simulazione	3
1.1	PA - Processi ambientali	3
1.2	PI - Processi individuali	3
1.2.1	Distribuzione della luce per individuo	4
1.3	PAI - Processi ambiente-individui	4
1.4	PPA - Processi popolazione-ambiente	5
1.5	PIP - Processi individuo - popolazione	5
1.6	PII - Processi interindividuali	5
1.7	PIIP - Processi interindividuali-popolazione	5
2	Sostanze di base	5
2.1	Acqua H^+ , OH^-	6
2.2	Ossigeno O_2	6
2.3	Anidride carbonica CO_2	6
2.4	Ammonio NH_4^+	6
2.5	Fosfato PO_4^{3-}	6
2.6	Glucosio GLU	6
2.7	Piruvato PIR^-	6
2.8	Acetico ACT^-	6
2.9	Acidi nucleici AMP^- , ADP^{2-} , ATP^{3-}	7
2.9.1	AMP^-	7
2.9.2	ADP^{2-}	7
2.9.3	ATP^{3-}	7
2.10	Aminoacidi e proteine GLY^-	7
3	Ambiente	7
4	Vegetali	8
5	Il corpo umano	9

6	Reazioni chimiche	10
6.1	Metabolismo basale	10
6.2	Fotosintesi	10
6.3	Glicosintesi	10
6.4	Glicolisi	10
6.5	Decarbossilazione piruvato	11
6.6	Ciclo di Krebs	11
6.7	Sintesi ATP	11
6.8	Idrolisi ATP	11
6.9	Sintesi AMP	11
6.10	Amminazione ADP	11
6.11	Deamminazione ADP	11
6.12	Sintesi GLY	11
6.13	Catabolizzazione GLY	12
II	Tipologie di esseri viventi	12
7	Vegetali	12
III	Attività	12
8	Produzione di energia	12
9	Sintesi	12
10	Clonazione	13
11	Accoppiamento	13
12	Assorbimento	14
13	Attacco	15
14	Movimento	15
14.1	Fuga	16
14.2	Ricerca glucosio	16
14.3	Ricerca sintesi	17
IV	Codice genetico	17
V	Test di simulazione	17
15	Test di simulazione	18
16	Test di evoluzione	18

Part I

Principi

1 Simulazione

Il modello di simulazione di un ecosistema si basa su una rappresentazione bidimensionale dello spazio divisa in celle. Ad ogni cella sono associate le quantità di sostanze significative presenti nell'ambiente e gli individui presenti nella cella.

Ogni individuo interagisce con l'ambiente con attività base metaboliche e cataboliche per cercare di sopravvivere e riprodursi (clonazione). Interagisce anche con gli individui vicini in competizione per il consumo delle risorse (alimentazione, predazione) e per accoppiarsi.

Il primo modello ipotizzava di avere un singolo individuo per cella. Ciò comportava che l'interazione con gli altri individui doveva considerare la topologia spaziale (celle adiacenti).

Il secondo modello ipotizza la presenza di più individui nella stessa cella con interazione degli individui limitata alla singola cella. Le risorse (sostanze) all'interno della cella saranno quindi condivise tra tutti gli individui.

L'evoluzione temporale del modello procede attraverso vari processi di variazione delle quantità di risorse nell'ambiente e degli individui.

1.1 PA - Processi ambientali

I processi ambientali modificano solamente le quantità di risorse presenti nell'ambiente.

Il processo di diffusione delle risorse modifica la quantità di risorse delle singole celle in base alle celle adiacenti secondo la legge di diffusione che determina lo spostamento di sostanze da zone a concentrazione maggiore verso quelle a concentrazione minore.

$$\Delta Q_i = \alpha_1 \sum_j \frac{\partial Q_i}{\partial x_j} \Delta t$$

1.2 PI - Processi individuali

I processi individuali modificano solamente le quantità di risorse presenti nei singoli individui.

Il processo di mantenimento degli individui invece modifica la quantità di energia di ogni singolo individuo dovuto al metabolismo basale. E' un processo non controllato dagli individui.

Il processo di metabolismo e catabolismo trasformano le risorse cambiando le quantità di risorse degli individui.

Il processo di movimento degli individui modifica la posizione degli individui nello spazio a spese dell'energia accumulata dagli individui.

Il processo di fotosintesi trasforma risorse usando la luce.

1.2.1 Distribuzione della luce per individuo

La luce disponibile è proporzionale alla superficie esposta al sole dell'individuo. La superficie può essere determinata dalla dimensione frattale δ

$$S_i = \lambda M_i^{\frac{\delta_i}{3}}$$

dove δ_i è un indice morfologico specifico per ogni individuo nel range $(2, \dots, 3)$ e rappresenta la dimensione frattale.

Nel nostro modello assumiamo che tale indice così come la densità sia specifico per ogni singola specie.

La luce disponibile per ogni individuo sarà quindi

$$E_i = \frac{\lambda M_i^{\frac{\delta_i}{3}}}{\sum_j \lambda M_j^{\frac{\delta_j}{3}}} \Phi dt = \frac{M_i^{\frac{\delta_i}{3}}}{\sum_j M_j^{\frac{\delta_j}{3}}} \Phi dt$$

con Φ il flusso di luce per unità di tempo per superfice unitaria.

1.3 PAI - Processi ambiente-individui

I processi ambiente-individui modificano le quantità di risorse tra ambiente e individuo.

I processo di scambio risorse avviene tra gli individui nella stessa cella cedendo le risorse eccedente all'ambiente e assorbendo risorse dall'ambiente. Possiamo pensare che l'accesso alle risorse sia in qualche modo proporzionale alla superficie dell'individuo (le risorse possono essere scambiate con l'ambiente attraverso l'area superficiale dell'individuo, ad esempio pelle, foglie, polmoni). La superficie è proporzionale alla quadrato della radice cubica del volume e quindi alla massa su densità quindi

$$S_i = K_i M_i^{\frac{2}{3}}$$

dove K è un indice morfologico specifico per ogni individuo e rappresenta il rapporto tra superfice e massa. Nel nostro modello assumiamo che tale indice così come la densità sia specifico per ogni singola specie.

Le risorse saranno quindi distribuite in base alla massa secondo la formula

$$R_i = R \frac{K_i M_i^{\frac{2}{3}}}{\sum_j K_j M_j^{\frac{2}{3}}}$$

La velocità di assorbimento delle risorse da parte dell'individuo è costante e dipende esclusivamente dalla specie.

La quantità effettiva di assorbimento è controllata dal codice genetico dell'individuo in modo da mantenere costante la quantità nel corpo. ¹

Se Q_T è il livello desiderato di risorse, Q_I il livello attuale dell'individuo, Q_E il livello di risorse nella cella a disposizione dell'individuo, R il rateo di consumo per unità di tempo, la quantità di risorse dell'individuo è data da:

$$\Delta Q_I = \min(Q_T - Q_I, Q_A) R \Delta t$$

¹ Alternativa è il controllo della concentrazione di risorse nel corpo che dovrebbe mantenere più equilibrati i rapporti di quantità tra risorse indipendentemente dalle dimensioni del individuo (da verificare)

1.4 PPA - Processi popolazione-ambiente

I processi popolazione ambiente modificano le risorse ambientali e la popolazione (numero di individui).

Il processo di sopravvivenza elimina gli individui con energia inferiore ad una determinata soglia trasferendo tutte le risorse dell'individuo nell'ambiente. E' un processo non controllato dagli individui.

1.5 PIP - Processi individuo - popolazione

I processi individuo-popolazione modificano le risorse dei singoli individui e modificano la popolazione stessa.

Il processo di clonazione di un individuo consiste nella generazione di un nuovo individuo della stessa specie con codice genetico copiato dall'individuo originale e mutato casualmente in modo di generare varietà individuali. Il nuovo individuo può posizionarsi nella cella del genitore o in celle adiacenti per permettere la diffusione spaziale della specie, una parte delle risorse del genitore viene trasferita al nuovo individuo.

La clonazione avviene solo se l'energia e la massa di un individuo superano le soglie minime delle energie e masse restanti dopo la clonazione determinate dal codice genetico.

La probabilità di clonazione è la minima probabilità tra la probabilità dovuta dalla massa e la probabilità determinata dall'energia:

$$P(\text{clonazione}) = \min(1 - e^{-\alpha_M(M-M_t)\Delta t}, 1 - e^{-\alpha_E(E-E_t)\Delta t})$$

1.6 PII - Processi interindividuali

I processi interindividuali-popolazione modificano le quantità di risorse di individui nella stessa cella.

I processi di predazione modificano le risorse degli individui interagenti solo all'interno della cella diminuendo l'energia del predatore e della preda e nel caso di risultato a favore del predatore aumentando le risorse del predatore a scapito delle risorse della preda. Esempi: erbivoro vs vegetale, carnivoro vs erbivoro.

1.7 PIIP - Processi interindividuali-popolazione

I processi interindividuali-popolazione modificano le quantità di risorse di individui nella stessa cella e possono variare la popolazione.

I processi di riproduzione sessuale avvengono tra individui della stessa specie e producono un nuovo individuo della stessa specie con codice genetico preso casualmente dai genitori e mutato casualmente. Il nuovo individuo può posizionarsi nella cella dei genitori o in celle adiacenti per permettere la diffusione spaziale della specie, una parte delle risorse dei genitori viene trasferita al nuovo individuo.

2 Sostanze di base

Nella simulazione vengono considerate alcune sostanze base:

2.1 Acqua H^+ , OH^-

L'acqua H_2O è la sostanza a più basso valore di energia con massa 18 g/mol . Nel simulatore l'acqua viene mantenuta come quantità di ioni H^+ e OH^- separatamente per poter calcolare l'acidità.

$$pH = 7 + \log_{10} \frac{OH^-}{H^+}$$

2.2 Ossigeno O_2

L'ossigeno è un gas molto reattivo con massa 32 g/mol .

2.3 Anidride carbonica CO_2

L'anidride carbonica è una sostanza a più basso valore di energia con massa 44 g/mol . Viene convertita in glucosio nell'attività di sintesi e rilasciata nell'attività di combustione.

2.4 Ammonio NH_4^+

L'azoto è presente nel sistema sotto forma di ioni di ammonio sciolti in acqua con massa 18 g/mol .

Viene utilizzato dalle piante per produrre composti azotati quali acidi nucleici e proteine cioè la struttura degli esseri viventi.

2.5 Fosfato PO_4^{3-}

Il fosforo è presente nel sistema sotto forma di ioni fosfato sciolti in acqua con massa 95 g/mol .

Vengono utilizzati dalle piante per produrre acidi nucleici e proteine cioè la struttura degli esseri viventi e immagazzinare e rilasciare energia chimica.

2.6 Glucosio GLU

Il glucosio $C_6H_{12}O_6$ è la sostanza ad alto valore energetico. Viene sintetizzato dai vegetali assorbendo energia, acqua e anidride carbonica dall'ambiente nell'attività di fotosintesi e viene bruciato nell'attività di respirazione producendo energia meccanica o chimica (biosintesi). Il glucosio ha massa 180 g/mol .

2.7 Piruvato PIR^-

lo ione piruvato $C_3H_3O_3^-$ viene prodotto dalla catabolizzazione del glucosio, ha massa 87 g/mol .

2.8 Acetico ACT^-

Lo ione acetico $C_2H_3O_2^-$ viene prodotto dalla catabolizzazione del piruvato, ha una massa di 59 g/mol . Nell'aceto la percentuale di massa di acido acetico è pari a $30 \cdot 10^{-3}\text{ g/g}$ pari a $510 \cdot 10^{-6}\text{ mol/g}$ o $9.15 \cdot 10^{-3}\text{ mol/mol}$.

2.9 Acidi nucleici AMP^- , ADP^{2-} , ATP^{3-}

Per semplicità nella simulazione si considerano 3 tipi di acidi nucleici.

2.9.1 AMP^-

L'adenosinmonofosfato $C_{10}H_{12}N_5O_6P^-$ è un nucleotide dei RNA e ha massa molare 345 g/mol .

2.9.2 ADP^{2-}

L'adenosindifosfato ADP $C_{10}H_{15}N_5O_{10}P_2^{2-}$ è prodotto dalla metabolizzazione dell'ATP ha massa molare 424 g/mol .

2.9.3 ATP^{3-}

L'adenosintrifosfato $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3^{3-}$ usato come fonte di energia ha massa molare 503 g/mol .

2.10 Aminoacidi e proteine GLY^-

Servono come base strutturale degli esseri viventi



Per semplificazione useremo come sostanza proteica la glicina $C_2H_4NO_2^-$ con massa molare di 74 g/mol

3 Ambiente

La quantità di acqua nel terreno normalmente è mediamente il 45% della massa secca [18]. La densità del terreno argilloso umido è di 2000 Kg/m^3 [28] quindi la concentrazione di acqua nel terreno è di $\frac{0.45 \cdot 2000}{1.45} = 620\text{ g/m}^3$ pari a 34.5 mol/m^3 .

Prendiamo come ambiente di simulazione la rizosfera ad una profondità di 50 cm quindi abbiamo $0.5\text{ m}^3/\text{m}^2$ di terreno. La concentrazione di acqua è di 17 mol/m^2 .

Nel terreno sono presenti fosfati in concentrazione di $20 \cdot 10^{-6}\text{ g/g}$ [4] pari a $211 \cdot 10^{-9}\text{ mol/g}$ con una densità quindi di 0.422 mol/m^3 rapportato alla superficie quivale a 0.211 mol/m^2 .

Nel terreno sono presenti sali di ammonio utili [6] con concentrazione di 65 Kg/ha pari a 6.5 g/m^2 equivalenti a $361 \cdot 10^{-3}\text{ mol/m}^2$

L'aria ha una densità di 1225 g/m^3 [24] con una massa molare di circa 29 g/mol quindi ha una densità molare di 42 mol/m^3

Nell'aria a 25 gradi e tasso di umidità del 75% l'umidità specifica è di 15 mg/g [19] corrispondente a $830 \cdot 10^{-6}\text{ mol/g}$ o 1.08 mol/m^3 .

Consideriamo nel nostro sistema l'aria fino ad un'altezza di 10m quindi un volume di $10\text{ m}^2/\text{m}^2$

La quantità di acqua è quindi pari a $17 + 10.8 = 27.8\text{ mol/m}^2$

L'aria è formata per il 20.9% di ossigeno [21] quindi con una concentrazione di 9.45 mol/m^3 e nell'elemento di volume considerato nel modello è 94.5 mol/m^2 .

La concentrazione di CO_2 nell'aria è di 412 ppm [21] quindi $45 \cdot 412 \cdot 10^{-6} = 19 \cdot 10^{-3}\text{ mol/m}^3$ pari a $190 \cdot 10^{-3}\text{ mol/m}^2$.

Riassumendo abbiamo

O_2	$94.5 \text{ mol}/m^2$
H^+	$27.8 \text{ mol}/m^2$
OH^-	$27.8 \text{ mol}/m^2$
NH_4^+	$0.361 \text{ mol}/m^2$
PO_4^{3-}	$0.211 \text{ mol}/m^2$
CO_2	$0.190 \text{ mol}/m^2$
GLY^-	?
GLU	?
AMP^{2-}	?
ATP^{4-}	?
ADP^{3-}	?
PIR^-	?
ACT^-	?

4 Vegetali

Prendiamo come modello un bosco con una densità di legname di $95 \text{ m}^3/\text{ha}$ [1] pari a $9.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/m^2$. Prendendo come massa volumetrica la media delle specie $900 \text{ Kg}/m^3$ [5] abbiamo che un bosco contiene $9.5 \cdot 10^{-3} \cdot 900 \cdot 10^3 = 8550 \text{ g}/m^2$ di legname.

La quantità di acqua è del 30% [27] quindi abbiamo $\frac{8550 \cdot 0.3}{18} = 143 \text{ mol}/m^2$ di acqua.

La componente secca del legno è formata dal 45% di cellulosa, 30% di emicellulosa e 23% di lignina [22]. La cellulosa e l'emicellulosa sono dei polisaccaridi mentre la lignina è un polimero con monomeri differenti ma comunque formati da carboidrati quindi rappresentati da glucosio con concentrazione pari a $0.45 + 0.3 + 0.23 = 0.98$. La concentrazione quindi di glucosio è pari a $\frac{8550 \cdot 0.7 \cdot 0.98}{180} = 33 \text{ mol}/m^2$.

La rimanente componente sono proteine rappresentate dalla glicina GLY^- $\frac{8550 \cdot 0.7 \cdot 0.02}{74} = 1.6 \text{ mol}/m^2$.

Riassumendo abbiamo

H^+	$143.8 \text{ mol}/m^2$
OH^-	$143.8 \text{ mol}/m^2$
GLU	$33 \text{ mol}/m^2$
GLY^-	$1.6 \text{ mol}/m^2$
O_2	?
NH_4^+	?
PO_4^{3-}	?
CO_2	?
AMP^{2-}	?
ATP^{4-}	?
ADP^{3-}	?
PIR^-	?
ACT^-	?

5 Il corpo umano

Il corpo umano pesa mediamente 75 Kg ed è formato [11] da

Acqua 65%

Proteine 16%

Lipidi e carboidrati 14%

Sali minerali 5%

Le altre sostanze hanno una concentrazione molto bassa e ininfluenza sulla costituzione della massa corporea.

Nel nostro modello le proteine sono rappresentate da glicina e i lipidi da glucosio:

Le concentrazioni quindi delle sostanze principali sono

$$\text{Acqua } \frac{0.65}{18} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}$$

$$\text{GLY } \frac{0.16}{74} = 2.16 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}$$

$$\text{GLU } \frac{0.14}{180} = 780 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$$

Le sostanze minori presenti nel corpo umano possono essere rappresentate dalle concentrazioni presenti nel sangue. Il corpo umano contiene mediamente 5.5 l di sangue con una densità di 1060 g/l [17]

La concentrazione di ammonio nel sangue è mediamente di $35 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$ [14] pari a $\frac{35 \cdot 10^{-6}}{1060} = 33 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$.

La concentrazione di fosfati nel sangue è mediamente 3.5 mg/dl [12] pari a $35 \cdot 10^{-3} \text{ g/l}$ quindi $\frac{35 \cdot 10^{-3}}{1060 \cdot 95} = 350 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$.

Il piruvato è presente nel sangue ad una concentrazione di $15 \cdot 10^{-6} \text{ g/l}$ [] pari a Il piruvato ha una concentrazione di nel sangue 0.6 mg/ml ovvero $0.6 \cdot 10^{-6} \text{ g/l}$ pari a $6.9 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l}$

Possiamo stimare che ogni cellula abbia $3 \cdot 10^9$ nucleotidi e che il corpo umano sia formato da $65 \cdot 10^{12}$ cellule [16] pari quindi a $195 \cdot 10^{21}$ nucleotidi totali equivalenti a $325 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ di nucleotidi. Quindi con un peso medio di 75 Kg la concentrazione di AMP è di $4.3 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$.

La concentrazione di ADP nel corpo è di $2.32 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$ in condizioni di sforzo moderato. La densità del corpo umano è di 1010 g/l quindi la concentrazione di ADP è di $2.28 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$

Nei corpo abbiamo mediamente la presenza di 100g di ATP nel corpo [2] pari ad una concentrazione di $\frac{100}{75000} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ g/g}$ ovvero $2.65 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$.

La quantità di ossigeno presente nel sangue dipende dalla quantità di emoglobina e dal tasso di saturazione. L'emoglobina nel sangue ha una concentrazione di 21 mmol/l [23]. Al 100% di saturazione ogni molecola di emoglobina porta 4 molecole di ossigeno O_2 [25] quindi la concentrazione di ossigeno al 98% [13] sarebbe di $\frac{21 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 0.98}{1060} = 77 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$.

La quantità di CO_2 nel sangue è di 45 mmHg [8] pari a $\frac{P}{RT} = \frac{133}{8.31 \cdot (278+37) \cdot 1000 \cdot 1060} = 48 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$

Riassumendo abbiamo

H^+	$33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}$
OH^-	$33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}$
GLY^-	$2.16 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}$
GLU	$780 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$
O_2	$77 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$
AMP^{2-}	$4.3 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$
ATP^{4-}	$2.65 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$
PO_4^{3-}	$350 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$
CO_2	$48 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$
NH_4^+	$33 \cdot 10^{-9} \text{ mol/g}$
ADP^{3-}	?
PIR^-	?
ACT^-	?

Il metabolismo basale umano mediamente è di 1800 Kcal/g [10] pari a $\frac{1800 \cdot 4184}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 87 \text{ W}$.

Mentre quello totale per un lavoro medio è di 141 W [26].

6 Reazioni chimiche

Le reazioni chimiche simulate sono:

6.1 Metabolismo basale

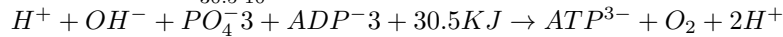
Le attività di base dell'essere vivente necessitano di una quantità di energia che viene prodotta bruciano glucosio (reazione di ossidazione). Se l'essere non ha sufficiente glucosio per sopravvivere l'essere muore. L'essere vivente non ha controllo del consumo di energia che è automatico.

6.2 Fotosintesi

L'intensità luminosa del sole è stimata in $200 \cdot 10^3 \text{ lux}$ [15], pari a $200 \cdot 10^3 \text{ lum/m}^2$ pari a $\frac{200 \cdot 10^3}{683} = 292 \text{ W/m}^2$.

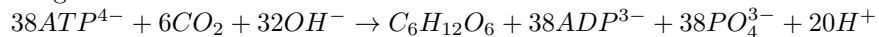
Il rendimento della fotosintesi si stima essere intorno al 1 % [3] con una quantità effettiva di energia trasformata pari a 2.9 W/m^2 .

Per produrre una mole di ATP sono necessari 30.5 KJ quindi la quantità di ATP prodotta è di $\frac{2.9}{30.5 \cdot 10^3} = 95 \cdot 10^{-6} \text{ mol/(m}^2 \cdot \text{s)}$



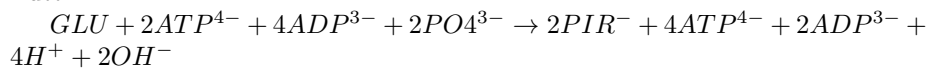
6.3 Glicosintesi

Solo vegetali



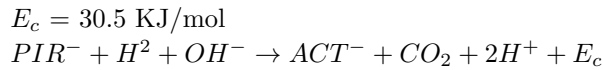
6.4 Glicolisi

Tutti



6.5 Decarbossilazione piruvato

Tutti



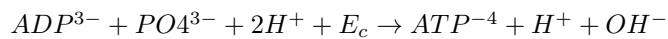
6.6 Ciclo di Krebs

Tutti



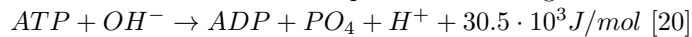
6.7 Sintesi ATP

Tutti



6.8 Idrolisi ATP

L'ATP viene convertita in ADP producendo energia libera



Nel corpo è presente ATP ad una densità di $2.65 \cdot 10^{-6} \text{ mol/g}$ che possono essere convertiti in energia in circa 1 s [9]. La velocità della reazione chimica per unità di massa è quindi di $2.65 \cdot 10^{-6} \text{ mol/(s} \cdot \text{g)}$ equivalente a $2.65 \cdot 10^{-6} \cdot 30.5 \cdot 10^3 = 81 \cdot 10^{-3} \text{ W/g}$.

Di questa energia il 40% viene dissipato in calore [7] e il rimanente convertito in energia meccanica quindi l'energia meccanica prodotta è $81 \cdot 10^{-3} \cdot 0.6 = 48.6 \cdot 10^{-3} \text{ W/g}$

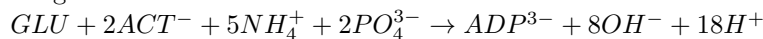
6.9 Sintesi AMP

Per idrolisi tutti



6.10 Amminazione ADP

Solo vegetali



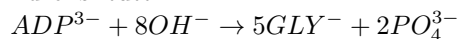
6.11 Deamminazione ADP

Solo animali



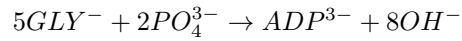
6.12 Sintesi GLY

Per idrolisi tutti



6.13 Catabolizzazione GLY

Per idrolisi tutti



Part II

Tipologie di esseri viventi

Gli esseri viventi vengono classificati in tre tipi:

- Vegetali
- Erbivori
- Carnivori

7 Vegetali

I vegetali sono essere viventi stazionari che assorbono le sostanze presenti nel proprio spazio (cella) e la convertono in glucosio.

Part III

Attività

Ogni essere vivente reagisce in base ai segnali che arrivano dall'ambiente.

Possiamo identificare alcune azioni base:

8 Produzione di energia

Le attività di base dell'essere vivente necessitano di una quantità di energia che viene prodotta bruciano glucosio (reazione di ossidazione). Se l'essere non ha sufficiente glucosio per sopravvivere l'essere muore. L'essere vivente non ha controllo sulla produzione di energia che è automatica.

9 Sintesi

L'essere vivente assorbe energia dal sistema e la converte in glucosio, ogni essere vivente può regolare la quantità di energia assorbita quindi l'azione disponibile è la modifica del parametro di controllo ovvero la velocità di sintesi del glucosio S

$$\Delta G = S \Delta t \tag{1}$$

L'attività di sintesi cambia lo stato accumulando glucosio nel corpo, quindi è utile all'essere vivente conoscere la quantità di glucosio GLU presente.

Ci sono tre regole che controllano la velocità di sintesi in base a tre fasce di glucosio:

$$0 \leq G < G_1 \Rightarrow S = S_1 \quad (2)$$

$$G_1 \leq G < G_2 \Rightarrow S = S_2 \quad (3)$$

$$G \geq G_2 \Rightarrow S = S_3 \quad (4)$$

I valori G_1, G_2, S_1, S_2, S_3 sono determinati dal codice genetico dell'essere vivente.

10 Clonazione

L'essere vivente può creare una copia di se stesso, la posizione del nuovo essere vivente è nei dintorni del genitore. Questa attività necessita di energia aggiuntiva oltre a quella di sopravvivenza.

L'equazione energetica della clonazione è:

$$\Delta G_1 = -E_0 - G_c \quad (5)$$

$$G_c = K(G - E_0) \quad (6)$$

dove E_0 è l'energia di clonazione, G_c è il glucosio ceduto al clone, K è la percentuale di glucosio cedibile al clone.

La condizione utile per clonare è

$$G > E_0 \quad (7)$$

L'attività di clonazione riduce la quantità di glucosio quindi è utile per conoscere il livello di glucosio dell'essere. I parametri controllati dall'essere che guidano l'attività di clonazione sono due: la percentuale di glucosio ceduto al clone e la probabilità di clonazione.

In questo caso possiamo definire tre regole di clonazione funzione del livello di glucosio:

$$0 \leq G < G_1 \Rightarrow P(c) = P_1, K = K_1 \quad (8)$$

$$G_1 \leq G < G_2 \Rightarrow P(c) = P_2, K = K_2 \quad (9)$$

$$G \geq G_2 \Rightarrow P(c) = P_3, K = K_3 \quad (10)$$

Dove $P(c)$ la probabilità di clonazione.

I valori $G_1, G_2, P_1, P_2, P_3, K_1, K_2, K_3$ sono determinati dal codice genetico.

11 Accoppiamento

L'essere vivente può accoppiarsi con un'altro essere vivente nell'intorno della cella e creare un nuovo essere vivente. Il patrimonio genetico dei due genitori viene mescolato casualmente. Questa attività necessita di energia aggiuntiva. L'equazione energetica dell'accoppiamento è

$$\Delta G = -E_0 - G_a \quad (11)$$

$$G_a = K(G - E_0) \quad (12)$$

dove E_0 è l'energia di accoppiamento, G_a è il glucosio ceduto al figlio, K è la percentuale di glucosio ceduta dal genitore.

La condizione per accoppiarsi è

$$G_1 > E_0 \quad (13)$$

La logica di selezione del genitore potrebbe essere quella di favorire gli individui con maggior livello di glucosio secondo la logica per cui la probabilità di sopravvivenza dovrebbe essere proporzionale alla capacità di accumulo del glucosio. In pratica la probabilità di selezionare un individuo nei dintorni dovrebbe essere proporzionale al livello di glucosio.

L'attività di accoppiamento riduce la quantità di energia quindi è utile conoscere il livello di glucosio dell'essere. I parametri controllati dall'essere che guidano l'accoppiamento sono due: la percentuale di glucosio ceduto al figlio e la probabilità di clonazione, altro.

In questo caso possiamo definire tre regole di accoppiamento, funzione del livello di glucosio:

$$0 \leq G < G_1 \Rightarrow P(a) = P_1, K = K_1 \quad (14)$$

$$G_1 \leq G < G_2 \Rightarrow P(a) = P_2, K = K_2 \quad (15)$$

$$G \geq G_2 \Rightarrow P(a) = P_3, K = K_3 \quad (16)$$

12 Assorbimento

L'essere vivente può assorbire il glucosio presente nell'ambiente. Questa attività necessita di energia aggiuntiva oltre a quella di sopravvivenza. L'equazione energetica dell'assorbimento è

$$\Delta G = -\pi_0 \Delta t + \min(G_t, \pi_x \Delta t) \quad (17)$$

π_0 è l'energia necessaria per assorbire il glucosio, G_t il glucosio nel terreno e π_x il limite massimo di assorbimento. L'azione a disposizione è quella di modifica della probabilità di assorbimento $P(a)$.

L'assorbimento è utile quando

$$\Delta G > 0 \Rightarrow \begin{matrix} \pi_x > \pi_0 \\ G_t > \pi_0 \Delta t \end{matrix} \quad (18)$$

L'assorbimento consumando energia deve valutare il rapporto costi/benefici tra lo spendere le energie per assorbire e l'energia assorbita, per questo è necessario misurare la quantità di glucosio presente nel terreno e rapportarla con la quantità assorbibile.

$$\rho = \frac{G_t}{\pi_0 \Delta t + G_t}, \quad \rho = 0 \dots 1 \quad (19)$$

Quindi l'assorbimento è utile quando

$$\rho \geq \frac{1}{2} \quad (20)$$

In questo caso possiamo definire due regole di accoppiamento, funzione del livello di glucosio nel terreno:

$$0 \leq G_t < G_1 \Rightarrow P(a) = P_1 \quad (21)$$

$$G_t \geq G_1 \Rightarrow P(a) = P_2 \quad (22)$$

13 Attacco

L'essere vivente può attaccare un'altro essere vivente nell'intorno della cella. In caso di attacco viene consumata dell'energia sia da chi attacca che da chi si difende. La probabilità di vincita è definita da

$$P(v) = \frac{E_a}{E_a + E_d} \quad (23)$$

E_a è l'energia usata per l'attacco e E_d quella usata per la difesa.

L'equazione energetica dell'attacco è

$$\Delta G_a = E_a = K_a G_a \quad (24)$$

$$\Delta G_d = E_d = K_d G_d \quad (25)$$

dove K_a è la percentuale di energia da destinare all'attacco e K_d la percentuale da destinare alla difesa.

In caso di più prede presenti l'attaccante deve decidere quale preda attaccare. E' ammesso un solo attacco per ciclo. L'attaccante può decidere se attaccare la preda più grossa o più piccola controllando la probabilità tra le due strategie $P(x)$.

I parametri di controllo sono quindi la probabilità di attivazione $P(a)$, la probabilità di attacco della preda più grossa, la quantità di energia per l'attacco K_a e la quantità di energia per la difesa K_d .

In caso di vincita l'attaccante acquisisce il glucosio della preda altrimenti non succede nulla. L'attaccante conosce solo la quantità di energia che può consumare e la quantità di glucosio della preda (minimo e massimo).

Si possono quindi identificare 3 parametri e costruire quindi 8 regole per l'attacco:

$$E_a < E_1, G_x < G_1, G_m < G_2 \Rightarrow P(a) = P_{11}, P(x) = P_{12}, K_a = K_1 \quad (26)$$

$$E_a < E_1, G_x < G_1, G_m \geq G_2 \Rightarrow P(a) = P_{11}, P(x) = P_{22}, K_a = K_2 \quad (27)$$

$$E_a < E_1, G_x \geq G_1, G_m < G_2 \Rightarrow P(a) = P_{31}, P(x) = P_{32}, K_a = K_3 \quad (28)$$

$$E_a < E_1, G_x \geq G_1, G_m \geq G_2 \Rightarrow P(a) = P_{41}, P(x) = P_{42}, K_a = K_4 \quad (29)$$

$$E_a \geq E_1, G_x < G_1, G_m < G_2 \Rightarrow P(a) = P_{51}, P(x) = P_{52}, K_a = K_5 \quad (30)$$

$$E_a \geq E_1, G_x < G_1, G_m \geq G_2 \Rightarrow P(a) = P_{61}, P(x) = P_{62}, K_a = K_6 \quad (31)$$

$$E_a \geq E_1, G_x \geq G_1, G_m < G_2 \Rightarrow P(a) = P_{71}, P(x) = P_{72}, K_a = K_7 \quad (32)$$

$$E_a \geq E_1, G_x \geq G_1, G_m \geq G_2 \Rightarrow P(a) = P_{81}, P(x) = P_{82}, K_a = K_8 \quad (33)$$

Le regole di difesa invece sono quattro:

$$E_a < E_2, E_d < E_3 \Rightarrow K_d = K_1 \quad (34)$$

$$E_a < E_2, E_d \geq E_3 \Rightarrow K_d = K_2 \quad (35)$$

$$E_a \geq E_2, E_d < E_3 \Rightarrow K_d = K_3 \quad (36)$$

$$E_a \geq E_2, E_d \geq E_3 \Rightarrow K_d = K_4 \quad (37)$$

14 Movimento

L'essere vivente può spostarsi nell'intorno della cella per cercare condizioni favorevoli o per scappare da qualche predatore. Questa attività necessita di energia aggiuntiva oltre a quella di sopravvivenza.

L'equazione energetica è:

$$\Delta G = -E_m \quad (38)$$

E_m è l'energia necessaria a muoversi.

Condizioni necessaria per muoversi è che ci siano celle libere nei dintorni e che ci sia energia per muoversi $G > E_m$. Sono definiti tre comportamenti base per muoversi: fuga, ricerca glucosio, ricerca di condizioni per sintetizzare, ricerca condizioni per la respirazione.

La scelta del comportamento può quindi essere regolato dalla combinazione di quattro insiemi di regole ognuno delle quali definisce la preferenza comportamentale:

$$P(fuga) = \frac{p_f}{p_f + p_g + p_s + p_r + p_i} \quad (39)$$

$$P(glucosio) = \frac{p_g}{p_f + p_g + p_s + p_r + p_i} \quad (40)$$

$$P(sintesi) = \frac{p_s}{p_f + p_g + p_s + p_r + p_i} \quad (41)$$

Se $p_f + p_g + p_s + p_i = 0$ allora non ci sarà alcun movimento.

14.1 Fuga

La fuga consiste nello spostarsi in una cella libera più possibilmente lontana da grossi predatori. Il sistema cerca la cella adiacente la cui somma di glucosio degli esseri viventi confinanti sia minore. Questo valore dà un'indicazione del rischio di attacco.

$$R_i = \sum_{a \in A_i} G_a \quad (42)$$

dove A_i sono le celle adiacenti a i .

Rapportare tale rischio al quello della posizione corrente dà l'indicatore normalizzato che può identificare la situazione di fuga.

$$Pi = \frac{R_i}{R_i + R_j} \quad (43)$$

dove j è la cella con minor rischio.

Quando $P < \frac{1}{2}$ significa che la cella attuale è a rischio minore di quella di fuga, se invece $P > \frac{1}{2}$ la cella attuale ha un rischio maggiore di quella di fuga.

Le regole quindi sono

$$G < G_t, P < P_t \Rightarrow p_f = p_1 \quad (44)$$

$$G < G_t, P \geq P_t \Rightarrow p_f = p_2 \quad (45)$$

$$G \geq G_t, P < P_t \Rightarrow p_f = p_3 \quad (46)$$

$$G \geq G_t, P \geq P_t \Rightarrow p_f = p_4 \quad (47)$$

14.2 Ricerca glucosio

In questo caso l'essere si sposta verso la cella con maggior quantità di glucosio. E' interessante conoscere in questo caso se la cella migliore esiste o se la cella corrente è migliore della destinataria e la quantità di glucosio presente nella posizione destinataria.

Le regole quindi sono

$$G < G_1, G_i < G_2 \Rightarrow p_g = p_1 \quad (48)$$

$$G < G_1, G_i \geq G_2 \Rightarrow p_g = p_2 \quad (49)$$

$$G \geq G_1, G_i < G_2 \Rightarrow p_g = p_3 \quad (50)$$

$$G \geq G_1, G_i \geq G_2 \Rightarrow p_g = p_4 \quad (51)$$

14.3 Ricerca sintesi

In questo caso l'essere si sposta verso la cella con maggior quantità di glucosio sintetizzabile (valore minimo tra anidride carbonica e acqua). E' interessante conoscere in questo caso se la cella migliore esiste o se la cella corrente è migliore della destinataria e la quantità di glucosio sintetizzabile presente nella posizione destinataria.

Le regole quindi sono

$$G < G_1, G_i < G_2 \Rightarrow p_s = p_1 \quad (52)$$

$$G < G_1, G_i \geq G_2 \Rightarrow p_s = p_2 \quad (53)$$

$$G \geq G_1, G_i < G_2 \Rightarrow p_s = p_3 \quad (54)$$

$$G \geq G_1, G_i \geq G_2 \Rightarrow p_s = p_4 \quad (55)$$

Part IV

Codice genetico

Il codice genetico deve codificare le regole di comportamento degli essere. Si sono identificati vari parametri sia di riconoscimento che di controllo. Per semplificazione il codice genetico codifica valori discreti di questi parametri.

- I livelli assoluti di glucosio si codificano in 10 possibili livelli da 0 a G_{max} .
- Le probabilità si codificano in cinque possibili valori $P(x) = \{0, 0.25, 0.5, 0.75, 1\}$
- Le percentuali si codificano in cinque possibili valori $K = \{0\%, 25\%, 50\%, 75\%, 100\%\}$
- Le percentuali si codificano in cinque possibili valori $K = \{0\%, 25\%, 50\%, 75\%, 100\%\}$

Il processo di clonazione consiste nel generare un nuovo essere clonando i parametri genetici. Durante la clonazione di ogni parametro può generarsi una mutazione genetica con probabilità

$$P(\text{mutazione}) = P \quad (56)$$

definita nella sessione di simulazione. In caso di mutazione il parametro viene modificato casualmente.

Part V

Test di simulazione

15 Test di simulazione

L'obiettivo è analizzare il comportamento basato sull'alimentazione e ricerca del cibo di reti elementari.

16 Test di evoluzione

L'obiettivo è analizzare l'evoluzione delle reti neurali genetiche in ambiente di pura alimentazione e ricerca cibo.

È necessario definire degli indicatori per verificare quando e quanto viene utilizzato un comportamento e l'associazione del comportamento con lo stato dell'ambiente.

Come schema di valutazione possiamo usare una griglia con le classi di ambiente (input) e i comportamenti intrapresi (output).

È importante monitorare anche il tasso di mortalità naturale, se il sistema evolve questo dovrebbe diminuire.

Part VI

Bibliografia

References

- [1] Stefano Bassi. Misurare alberi e boschi per gestirli correttamente, 2000. [Online; in data 20-agosto-2021].
- [2] Farmacia centrale Dott. Signorini. Meccanismo di produzione di energia nello sport: Atp. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [3] RALPH DTE. Rendimento della fotosintesi e dei pannelli fotovoltaici, 2011. [Online; in data 20-agosto-2021].
- [4] AGQ Labs Italia. Analisi del terreno. [Online; in data 17-agosto-2021].
- [5] Nicolás Mapelli. Ecco come potete stimare la quantità di legname presente nel bosco, 2009. [Online; in data 20-agosto-2021].
- [6] Alessandro Masoni and Laura Ercoli. Azoto nel terreno. *Riduzione dell'inquinamento delle acque dai nitrati provenienti dall'agricoltura*. Ed. A. Masoni. Felici Editore, Pisa, pages 211–241, 2010.
- [7] my Personal Trainer. Contrazione muscolare, 2018. [Online; in data 19-agosto-2021].
- [8] my Personal Trainer. Ipercapnia, 2018. [Online; in data 18-agosto-2021].

- [9] my Personal Trainer. Approccio ai metabolismi energetici, 2019. [Online; in data 19-agosto-2021].
- [10] my Personal Trainer. Il metabolismo basale, 2019. [Online; in data 19-agosto-2021].
- [11] my Personal Trainer. Corpo umano, 2020. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [12] Valori Normali. Fosforo alto, basso e valori normali. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [13] Valori normali. Saturazione ossigeno bassa e valori normali. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [14] Nurse24+it. Ammoniemia, 2019. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [15] Chimica Online.it. Intensit  luminosa del sole. [Online; in data 20-agosto-2021].
- [16] Chimica Online.it. Lunghezza dna. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [17] Chimica Online.it. Quanto sangue contiene il corpo umano. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [18] Wikipedia. Contenuto d'acqua — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2018. [Online; in data 17-agosto-2021].
- [19] Wikipedia. Umidit  — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2020. [Online; in data 17-agosto-2021].
- [20] Wikipedia. Adenosina trifosfato — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 19-agosto-2021].
- [21] Wikipedia. Aria — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 17-agosto-2021].
- [22] Wikipedia. Cellulosa — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 20-agosto-2021].
- [23] Wikipedia. Concentrazione cellulare media di emoglobina — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [24] Wikipedia. Densit  dell'aria — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 17-agosto-2021].
- [25] Wikipedia. Emoglobina — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 18-agosto-2021].
- [26] Wikipedia. Fabbisogno energetico umano — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 19-agosto-2021].
- [27] Wikipedia. Legno — wikipedia, l'enciclopedia libera, 2021. [Online; in data 20-agosto-2021].
- [28] YouMath. Peso specifico terra. [Online; in data 17-agosto-2021].